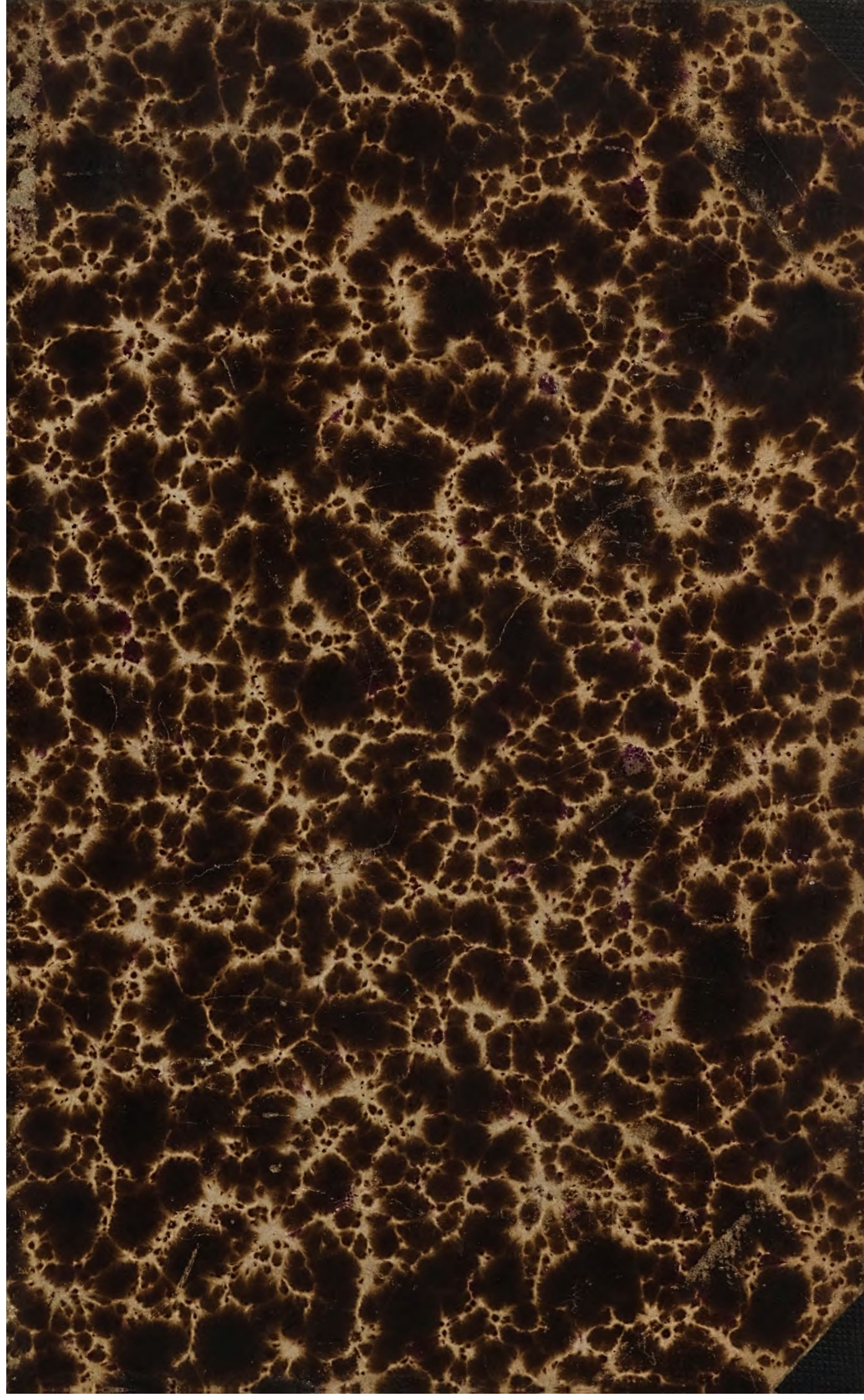




Tech.

Bibliothek

24^{su}
=

ANGEWANDTE ELEKTROCHEMIE.

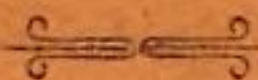
ERSTER BAND.

DIE PRIMÄR- UND SECUNDÄR-ELEMENTE.

VON

DR. FRANZ PETERS.

MIT 23 ABBILDUNGEN.



WIEN. PEST. LEIPZIG.

A. HARTLEBEN'S VERLAG.

Preis 1 fl. 65 kr. = 3 Mark = 4 Francs = 1 R. 80 Kop.

Die ausserordentlich grosse Anzahl von wichtigen Erfindungen der Neuzeit, denen die Anwendung der Elektrizität zu Grunde liegt, und die überraschenden Erfolge, welche in der Telegraphie, der Telephonie, der elektrischen Beleuchtung, der Galvanoplastik, der elektrischen Kraftübertragung, der Elektrolyse etc. während der letzten Jahre erzielt worden sind, zeigen, dass das Studium der Elektrizität in eine ganz neue Phase eingetreten ist und gegenwärtig einen vollständig veränderten Gesichtspunkt gewonnen hat.

Während früher die Elektrizitätslehre fast ausschliesslich den Physiker beschäftigte, ist heutzutage diese Wissenschaft in die Hände des Ingenieurs übergegangen, und die auf theoretischem und experimentellem Gebiete von den grossen Forschern unseres Jahrhunderts errungenen Resultate haben die Basis gelegt für einen neuen Zweig der angewendeten Physik, welcher an Bedeutung fast alle übrigen Zweige zu übertreffen beginnt, nämlich die Elektro-Technik.

Noch vor einer Reihe von Jahren glaubte das Publikum kaum an das Vorhandensein einer elektro-technischen Wissenschaft; die internationalen elektrischen Ausstellungen der letzten Jahre haben jedoch der Welt in glänzender Weise bewiesen, dass eine Elektro-Technik nicht nur vorhanden ist, sondern dass dieselbe auch bereits auf einer solchen Stufe der Entwicklung steht, dass Niemand mehr über die vielversprechende Zukunft derselben in Zweifel sein kann; mit jedem Tage wächst die Zahl der Erfindungen, die der Elektrizität immer weitere Kreise des menschlichen Lebens erschliessen, und wir stehen vor einer Aera, in der die Elektrizität die Führerrolle im gewerblichen und technischen Leben zu spielen berufen ist.

Um nun allen denen, die sich für Elektro-Technik interessiren, ihren praktischen Beruf oder die Uebersicht durch ein passendes literarisches Hilfsmittel zu erleichtern, hat die unterzeichnete Verlagsbuchhandlung sich entschlossen, eine Reihe von Handbüchern über angewendete Elektrizität zu veröffentlichen, welche von hervorragenden Fachmännern mit specieller Rücksicht auf die Bedürfnisse der Praxis verfasst sind und sich in Plan und Ausführung an die von derselben Verlagshandlung herausgegebene »Chemisch-technische Bibliothek« anschliessen.

Elektro-technische BIBLIOTHEK.

XLVII. Band.

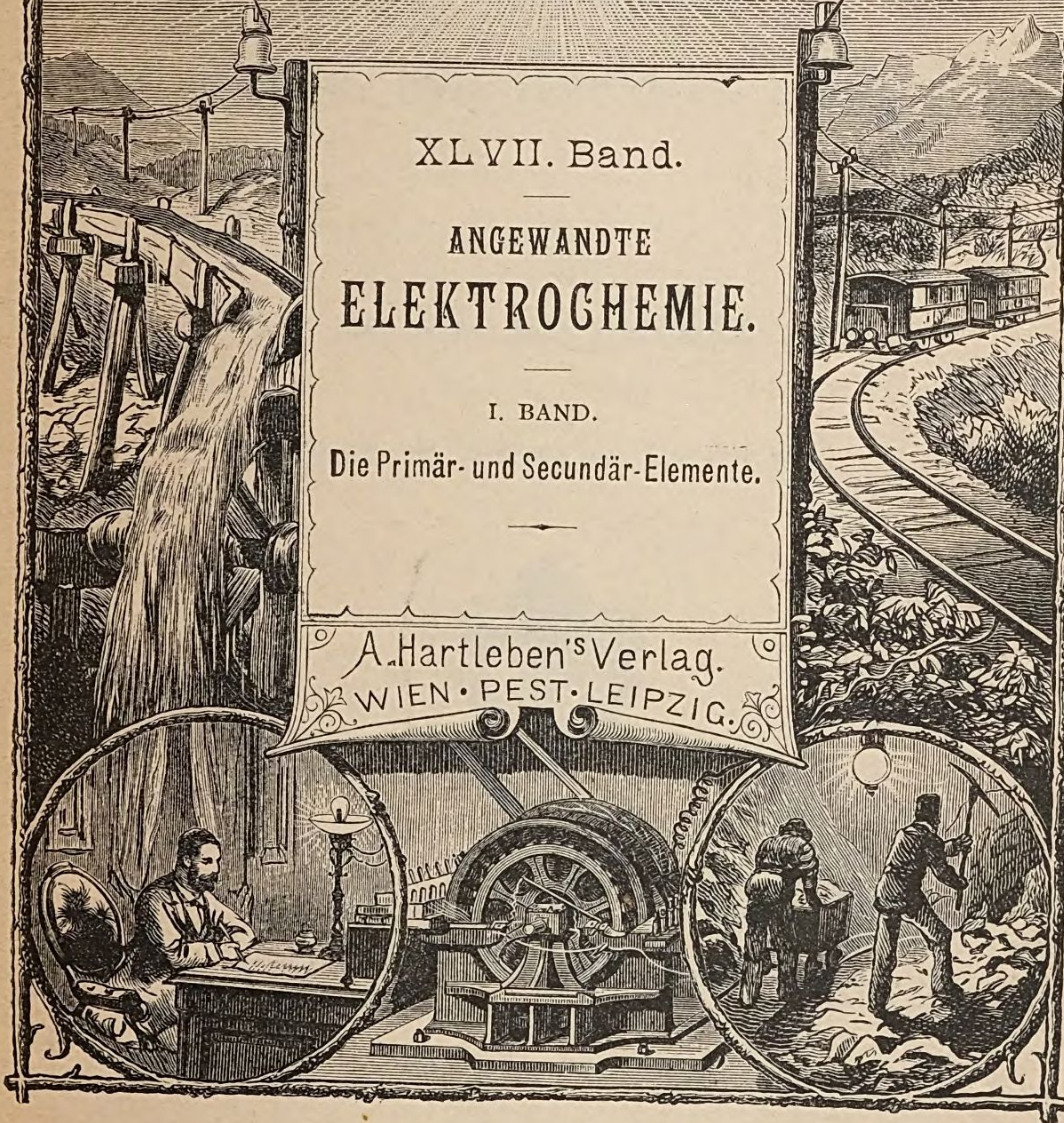
ANGEWANDTE
ELEKTROCHEMIE.

I. BAND.

Die Primär- und Secundär-Elemente.

A. Hartleben's Verlag.

WIEN • PEST • LEIPZIG.



ANGEWANDTE ELEKTROCHEMIE.

ERSTER BAND.

DIE PRIMÄR- UND SECUNDÄR-ELEMENTE.

VON

DR. FRANZ PETERS.

MIT 73 ABBILDUNGEN.

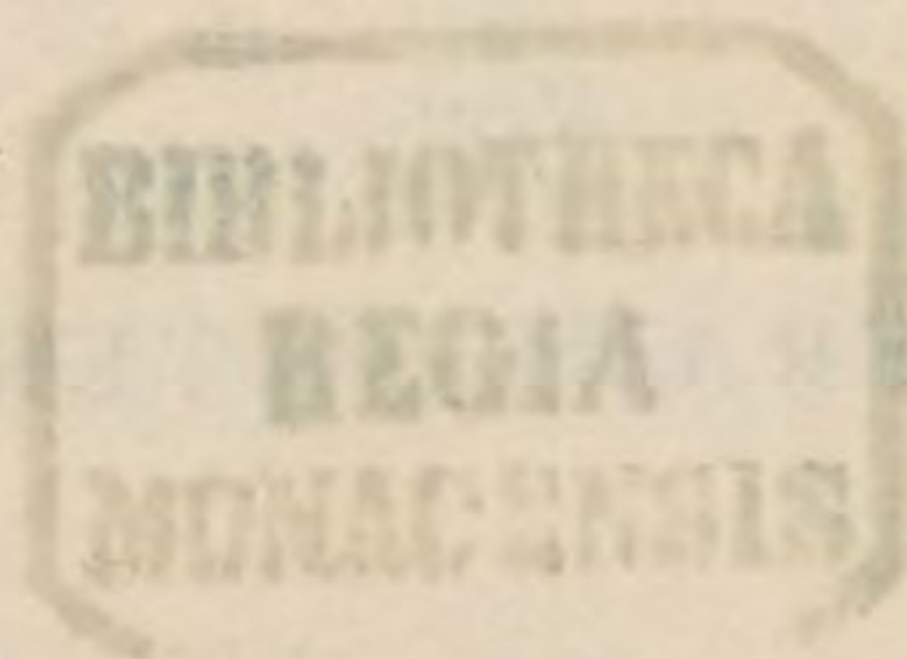


WIEN. PEST. LEIPZIG.

A. HARTLEBEN'S VERLAG.

1897.

(Alle Rechte vorbehalten.)



Druck von Friedrich Jasper in Wien.

Vorwort.

Während die theoretische Elektrochemie, wenn sie auch noch nicht sehr alt ist, doch schon auf manches Jahr reger Forschung und reicher Früchte zurückblicken kann, ist die angewandte Elektrochemie erst in allerneuester Zeit zu einem Lehrgegenstande an den Hochschulen geworden. Es hat sich dabei bald der Wunsch nach einer Zusammenstellung des bisher auf diesem Gebiete Geleisteten herausgestellt, zumal da bis vor wenig mehr als zwei Jahren keine eigene Zeitschrift als Sammelstelle der einschlägigen Arbeiten vorhanden war. Auch die Laboratorien der verschiedensten technisch-chemischen und elektrotechnischen Betriebe sind regsame Arbeitsstätten der angewandten Elektrochemie geworden. Ihnen und dem Erfinder überhaupt muss ein Buch willkommen sein, das sie befähigt, ohne grosse Mühe beurtheilen zu können, ob ein angeregter Gedanke neu ist, oder ob und in diesem Falle welche praktische Ausgestaltung er bisher erfahren hat.

Diesen Anforderungen sucht das vorliegende Werk gerecht zu werden. Da es nur für den Fachmann und den mit den nöthigen Vorkenntnissen ausgerüsteten Praktiker bestimmt ist, wurde von einer lehrbuchmässigen Behandlung des Themas abgesehen und theoretischen Erörterungen kein Raum gewährt. Dagegen ist eine möglichst lückenlose Sammlung aller praktischen Arbeiten angestrebt worden. Wenn dieses Ziel nicht vollkommen erreicht sein sollte, so liegt dies einerseits an der grossen Zerstreutheit des Materials in der periodischen Fachliteratur, andererseits an der Schwierigkeit, aus der Praxis selbst die wünschenswerthen Ergänzungen zu erlangen. Den Firmen, die hierin ihr Entgegenkommen gezeigt haben, sei an dieser Stelle noch einmal besonders gedankt.

Hauptsächlich bei der Bearbeitung des ersten Bandes, der die Stromquellen mit Ausnahme der Dynamomaschine behandelt, musste auch wegen der Beschränktheit des verfügbaren Raumes von einer gänzlichen Erschöpfung des Gegenstandes abgesehen werden. Namentlich konnten Arbeiten, die sich mehr mit der mechanischen Ausbildung der Elemente befassen, nur in den Hauptfällen berücksichtigt werden. Dagegen dürfte die mehr chemisch-praktische Seite des Gegenstandes keine bemerkenswerthe Lücke aufweisen. Zahlreiche Literaturnachweise sollen vorkommenden Falles das Quellenstudium unter-

stützen. Abänderungs- und Ergänzungs-Vorschläge aus fachmännischen Kreisen werden bei einer eventuellen Neubearbeitung gern Berücksichtigung finden.

Der in Kürze erscheinende zweite und dritte Band der »Angewandten Elektrochemie« werden die Metallurgie, Galvanoplastik und Galvanostegie, die chemische Analyse und die eigentliche chemische Industrie, soweit sie auf elektrochemischen Grundlagen aufgebaut sind, behandeln.

Die Literatur ist für den vorliegenden ersten Band bis Juni 1896 berücksichtigt worden.

Charlottenburg.

Der Verfasser.

Inhalts-Verzeichniss.

	Seite
Einleitung	1
I. Primär-Elemente	2
A. Eigentliche galvanische Elemente	2
1. Elemente mit einem Elektrolyten	2
a) Elemente mit einem nicht depolarisirenden Elektro- lyten	3
Aeltere Constructionen 3. — Ersatz des Kupfers der Volta'schen Kette 6. — Ersatz der Schwefelsäure 8.	
b) Elemente mit einem depolarisirenden Elektrolyten .	12
Halogene 12. — Schwefel und Sulfide 15. — Sauer- stoff aus Wasserstoffsuperoxyd und Salzen 16. — Salpetersäure 16. — Chromsäure 17. — Depolarisa- tion durch andere Mittel 24.	
c) Elemente mit festen oder breiförmigen Depolarisa- tionsmassen	27
Halogenide 27. — Kupferoxyd und andere niedrige Oxyde 31. — Bleisuperoxyd 41. — Mangansuperoxyd (Leclanché-Element) 44. — Sulfide, Sulfate etc. 55.	
2. Elemente mit zwei Elektrolyten	58
a) Das Daniell-Element	58
b) Abänderungen des Daniell-Elementes	64

Andere Formen und Diaphragmen 64. — Elemente ohne Diaphragma 73. — Meidinger-Element und Abänderungen 76. — Elemente mit anderen Elektrolyten und Elektroden 82.	
c) Das Grove- und das Bunsen-Element	84
d) Elemente nach dem Typus des Grove'schen und Bunsen'schen	95
Ersatz der Kohle und des Platins 95. — Ersatz der Salpetersäure 97. — Ersatz des Zinks 110. — Ersatz der Schwefelsäure 112.	
e) Elemente mit zwei gleichartigen Elektroden	117
f) Elemente, deren Elektroden aus dem Metall des Elektrolyt-Salzes bestehen	119
3. Trockenelemente	120
a) Trockene Volta'sche Ketten	120
b) Andere Trockenelemente	123
4. Normalelemente	141
5. Allgemeine Vorschläge für Elemente und Elemententheile	157
B. Elemente, die zur directen Elektrizitätserzeugung aus Kohle dienen	163
C. Gasbatterien	167
D. Thermosäulen	178
1. Thermosäulen aus zwei einfachen Metallen	181
2. Thermosäulen aus einem Metalle und einer Legirung	182
3. Thermosäulen aus einem Metall und einer Verbindung	189
4. Thermosäulen aus zwei Legirungen	191
5. Allgemeine Constructions-Einzelheiten	196
6. Thermo-elektrochemische Elemente	199
II. Secundär-Elemente oder Akkumulatoren	200
A. Akkumulatoren mit metallischen Bleiplatten vor der Formation	203
Vergrößerung der Elektrodenoberfläche 205. — Beschleunigung der Formirung und Herstellung von Bleischwammplatten 213.	

	Seite
<i>B.</i> Akkumulatoren mit Elektroden aus Bleiverbindungen vor der Formation	230
1. Akkumulatoren mit Bleioxyden als wirksamer Masse . .	230
<i>a)</i> Gepastete massive Platten	230
<i>b)</i> Nicht ebene massive Gebilde als Träger	246
<i>c)</i> Gitterträger	248
<i>d)</i> Wirksame Masse in Behältern	268
<i>e)</i> Masseplatten	280
<i>f)</i> Active Masse im Elektrolyten	289
2. Akkumulatoren mit anderen Bleiverbindungen als Oxyden	290
3. Verschiedene Abänderungsvorschläge	296
<i>C.</i> Akkumulatoren mit Bleiträgern und anderen als Bleiverbin- dungen in der Füllmasse	307
<i>D.</i> Akkumulatoren mit anderen als Bleiträgern, aber Blei- pasten	311
<i>E.</i> Akkumulatoren mit negativen Elektroden aus anderem Materiale wie Blei	312
<i>F.</i> Akkumulatoren mit zwei anderen wie Bleielektroden . . .	320
Die Kupfer-Zink-Sammler	321.
<i>G.</i> Verschiedene Akkumulatoren	331

Abkürzungen.

- A. = Ampère.
Bé. = Beaumé.
D. = Daniell.
Dqm. = Stromdichte pro Quadratmeter.
E. = Elektromotorische Kraft.
J. = Stromstärke.
KW. = Kilowatt.
Mol. = Molecül oder Moleculargewicht.
O. = Ohm.
Q.-E. = Quecksilber-Einheit.
S.-E. = Siemens-Einheit.
Th. = Gewichtstheil.
V. = Volt.
Vol. = Volumen.
W. = Watt.
Wa = äusserer Widerstand.
Wi = innerer Widerstand.
-

Literatur.

Ann. = Annalen der Chemie und Pharmacie (Liebig's).

Ann. Chim. Phys. = Annales de Chimie et de Physique.

A. P. = Amerikanisches Patent.

Ber. = Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft.

Bull. intern. de l'él. = Bulletin internationale de l'électricité.

Centralbl. El. = Centralblatt für Elektrotechnik.

Chem. Ind. = Chemische Industrie.

Chem. N. = Chemical News.

Chem.-Ztg. = Chemiker-Zeitung.

Compt. rend. = Comptes rendus des travaux hebdomadaires des séances de l'Académie des sciences.

C.-Sch. = H. S. Carhart, Die Primär-Elemente; bearbeitet von Paul Schoop, Halle a. S. 1895.

Dingl. = Dingler's Polytechnisches Journal.

D. P. = Deutsches Reichs-Patent.

El. Anz. = Elektrotechnischer Anzeiger.

El. Echo = Elektrotechnisches Echo.

Elektroch. Zeitschr. = Elektrochemische Zeitschrift (Neuburger).

Elektrot. Zeitschr. = Elektrotechnische Zeitschrift.

El. Eng. = Electrical Engineer. (N.-Y. = New-York.)

El. Rev. = The Telegraphic Journal and Electrical Review.

El. World = Electrical World.

E. P. = Englisches Patent.

F. El. = K. Strecker (u. K. Kahle), Fortschritte der Elektrotechnik, Berlin 1887—1893.

F. P. = Französisches Patent.

G. M. = Deutsches Reichs-Gebrauchsmuster.

G.-St. = C. Grawinkel und K. Strecker, Hilfsbuch für die Elektrotechnik, 4. Aufl., Berlin 1895.

H. = E. Hoppe, Die Akkumulatoren für Elektrizität, 2. Aufl., Berlin 1892.

Hck. = W. Ph. Hauck, Die galvanischen Batterien, Akkumulatoren und Thermosäulen, 3. Aufl., Wien 1890.

Jahrb. Elektroch. = W. Nernst und W. Borchers, Jahrbuch der Elektrochemie für 1894 u. 1895, Halle a. S.

J. Chem. Soc. = Journal of the Chemical Society.

J. de Phys. = Journal de Physique.

J. Frankl. Inst. = Journal of the Franklin Institute.

Lum. él. = La Lumière électrique.

N.-Hck. = A. Niaudet, Die galvanischen Elemente, übersetzt von W. Ph. Hauck, Braunschweig 1881.

Phil. Mag. = Philosophical Magazin.

Pogg. Ann. = Annalen für Physik und Chemie (Poggendorff).

Pogg. Beibl. = Beiblätter zu Poggendorff's Annalen.

Pol. Notizbl. = Polytechnisches Notizblatt.

Rev. intern. de l'él. = Revue internationale de l'électricité.

Sch. = Paul Schoop, Die Secundär-Elemente, Halle a. S. 1895.

Sck. = J. Sack, Die elektrischen Akkumulatoren, Wien.

T. = D. Tommasi, Traité des Piles Électriques, Paris 1889.

West. El. = Western Electrician, Chicago.

Wied. Ann. = Wiedemann's Annalen.

Wied. Beibl. = Beiblätter zu Wiedemann's Annalen.

Wn. = G. Wiedemann, Die Lehre von der Elektrizität, 2. Aufl., Braunschweig 1893.

Z. = J. Zacharias, Die Akkumulatoren, Jena 1892.

Zeitschr. anal. Ch. = Zeitschrift für analytische Chemie.

Zeitschr. ang. Ch. = Zeitschrift für angewandte Chemie.

Zeitschr. El. = Zeitschrift für Elektrotechnik.

Zeitschr. Elektroch. = Zeitschrift für Elektrochemie (Borchers).

Zeitschr. Instrum. = Zeitschr. für Instrumentenkunde.

Zeitschr. Ver. d. Ing. = Zeitschrift des Vereins deutscher Ingenieure.

Einleitung.

In eigentlichen galvanischen Elementen wird chemische Energie in elektrische übergeführt.

Sie werden gewöhnlich eingetheilt in primäre und secundäre. Als secundär kann man eigentlich jedes Element bezeichnen, das nach Stromabgabe wieder in den ursprünglichen Zustand zurückgeführt werden kann. Gewöhnlich gebraucht man aber den Ausdruck »Secundär-Element« gleichbedeutend mit »Sammeler« oder »Accumulator«, d. h. man versteht darunter einen Apparat, in dem elektrische Energie in Form von chemischer aufgespeichert und dann nach beliebiger Zeit und in beliebigem Maasse als elektrische wieder nutzbar gemacht werden kann, und der nach dieser Entladung durch Zuführung neuer elektrischer Energie ohne allzu grosse Verluste in kurzer Zeit und möglichst lange unter denselben Bedingungen regenerirt werden kann. Alle Elemente, bei denen dies nicht geschieht, oder wenigstens nicht in erster Linie beabsichtigt wird, fasst man als Primär-Elemente zusammen. In diese Classe gehören auch die Thermosäulen, in denen Wärme in Elektrizität umgesetzt wird.

I. Die Primär-Elemente.

Die Primär-Elemente kann man eintheilen in

- A.* Eigentliche galvanische Elemente,
 - B.* Elemente, die zur directen Elektrizitätserzeugung aus Kohle dienen,
 - C.* Gasbatterien,
 - D.* Thermosäulen.
-

A. Eigentliche galvanische Elemente.

Die eigentlichen galvanischen Elemente lassen sich in folgende Classen einordnen:

- 1. Elemente mit einem Elektrolyten,
- 2. Elemente mit zwei Elektrolyten.

Aus praktischen Gründen sind aus diesen beiden Hauptgruppen einzelne Elemente ausgeschieden und in folgende Classen eingereiht worden:

- 3. Trocken-Elemente,
 - 4. Normal-Elemente.
-

1. Elemente mit einem Elektrolyten.

Der Elektrolyt kann entweder

- a)* nicht depolarisirend, oder
 - b)* depolarisirend sein, oder
 - c)* ein festes oder breiförmiges Depolarisationsmittel enthalten.
-

a) **Elemente mit einem nicht depolarisirenden Elektrolyten.**

Volta¹⁾ stellte je eine Silber- und Zinkplatte in Tassen oder Gläser, in denen sich verdünnte Schwefelsäure befand. Verwendet man an Stelle von Silber nach dem Vorschlage Ritter's²⁾ Kupfer, so ist die elektromotorische Kraft wie bei allen anderen Constructionen und Abänderungen dieser Kette etwa 0.94 V., wenn der Gehalt an concentrirter Säure 2% beträgt, 0.78 V. wenn man die Säure durch Kochsalzlösung ersetzt. Später legte Volta³⁾ die runden Kupfer- und Zinkplatten übereinander und brachte zwischen je zwei Paare eine mit Schwefelsäure angefeuchtete Tuchplatte.

Wilkinson⁴⁾ theilt einen Trog durch parallele Scheidewände in verschiedene Kammern und stellt in jede je eine Kupfer- und Zinkplatte in einiger Entfernung von einander auf.

Cruickshank⁵⁾ lässt die Scheidewände weg und löthet je ein Plattenpaar zusammen. Wenn man die Platten an einem Holzrahmen befestigt, kann man sie leicht zugleich aus der Flüssigkeit herausheben.

Die Elektroden sind sehr verschieden geformt worden. Potter⁶⁾ versieht sie mit Ohren, um der Säule

¹⁾ Nicholson's J. 6, 179; Gilb. Ann. (1800) 6, 345. — ²⁾ Gilb. Ann. (1801) 7, 373. — ³⁾ Phil. Transact. 1800, 402; Ann. Chim. 40, 225; Gilb. Ann. (1800) 6, 340; (1802) 10, 389, 421. — ⁴⁾ Tilloch's Phil. Mag. Nr. 105; Gilb. Ann. (1810) 36, 361. — ⁵⁾ Nicholson's J. 4, 223; Gilb. Ann. (1801) 7, 99. — ⁶⁾ A. P. 477913.

besseren Halt zu geben. *Pulvermacher*¹⁾ wickelt Drähte aus Zink (die nach *Bothrick*²⁾ vortheilhaft durch solche aus Magnesium ersetzt werden können) und aus vergoldetem Kupfer spiralförmig auf Holzstäbchen auf und taucht die Kette vor dem Gebrauch in gewöhnlichen Essig.

*Wollaston*³⁾ biegt die Kupferplatte um die Zinkplatte herum und hängt die einzelnen Paare in die einzelnen Abtheilungen eines Troges. Die Scheidewände können nach *Münch* auch fortgelassen werden. Die äusseren Gefässe werden ganz gespart, wenn dem Kupfer die Gestalt eines Kastens gegeben wird. Auf ähnliche Weise wie *Wollaston* wollen *Oersted*⁴⁾, *G. G. Schmidt*⁵⁾, *Faraday*⁶⁾, *van Melsen*⁷⁾ und *Young*⁸⁾ die Polarisation und den inneren Widerstand vermindern. Eine noch bedeutendere Vergrösserung der Plattenoberflächen erzielen *Offershaus*⁹⁾ und *Hare*¹⁰⁾ in ihren »Calorimotoren« und »Deflagratoren« dadurch, dass sie die durch einen Tuchstreifen oder durch Holzstäbchen von einander getrennten Kupfer und Zinke um einen Holzcylinder zur Spirale aufwickeln.

Zwischen positive und negative Elektroden legt *Washburn*¹¹⁾ isolirende Scheiben, so dass nur an einer Stelle metallische Verbindung vorhanden ist.

Von Kochsalz-, Salmiaklösung etc. wird das unamalgamirte Zink nicht angegriffen, dagegen von verdünnter Schwefelsäure. Dass auch durch diese bei offener Kette

¹⁾ Dingl. (1851) 122, 29. — ²⁾ Compt. rend. (1855) 61, 585. — ³⁾ Thomson's J. (1815) 6, 209; Gilb. Ann. (1816) 54, 1. — ⁴⁾ Schweigg. J. (1818) 20, 209. — ⁵⁾ Gilb. Ann. (1822) 2, 72. — ⁶⁾ Exp. Rec. (10) 1835, § 1124. — ⁷⁾ Inst. 1841, 164. — ⁸⁾ Phil. Mag. (1837) [3] 10, 241; Pogg. Ann. 40, 624. — ⁹⁾ Gilb. Ann. (1821) 69, 198. — ¹⁰⁾ Ann. of Phil. 1, 849; Gilb. Ann. 71, 126. — ¹¹⁾ A. P. 482444.

Zinkamalgam nicht gelöst wird, beobachtete zuerst K e m p ¹⁾, worauf S t u r g e o n ²⁾ bei der Zusammensetzung des Volta-Elementes amalgamirtes Zink anwandte. Zur Amalgamation taucht man die Zinkplatten bis zur halben Höhe in Quecksilber, über dem sich concentrirte Salzsäure befindet, zieht sie heraus und stellt sie umgekehrt hinein, worauf man mit Wasser nachspült. Oder man beizt sie mit Schwefelsäure (1:10) und reibt dann das Quecksilber mit einem Leinwand- oder Filzlappen oder mit einer Stahlbürste ein. Nicht so gut wird die Amalgamation durch Eintauchen in eine saure Lösung eines Quecksilbersalzes. Aus Versuchen P o g g e n d o r f f ' s ³⁾ geht hervor, dass E beim Gebrauche von amalgamirtem Zink um 0.14 V. gegen die bei Anwendung gewöhnlichen Zinkes in verdünnter Schwefelsäure steigt.

Die Ablagerung des Wasserstoffes am Kupfer und dadurch die Polarisation kann man vermindern, wenn man den Elektrolyten circuliren lässt oder die Elektrodenplatten in Rotation versetzt [E. B e c q u e r e l, E r c k m a n n, L. M a î c h e, S k e n e und K u h m a i e r, M o c e n i g o ⁴⁾] oder die Oberfläche des elektronegativen Metalles rauh macht, damit sich die Gasbläschen besser ablösen. Zu diesem Zwecke versah sie P o g g e n d o r f f ⁵⁾ mit einem Ueberzuge von galvanisch abgeschiedenem pulverförmigen Kupfer. Aehnlich verfahren P a g e und W a l k e r. Auch kurzes Eintauchen der Kupferplatte in Salpetersäure oder Erhitzen an der Luft soll dieselbe Wirkung veranlassen. Viel besser gelangt man zum Ziele,

¹⁾ Sturgeon's Annals of Electr. 1, 81. — ²⁾ Researches 1830; vgl. a. Pogg. Ann. 40, 628. — ³⁾ Pogg. Ann. (1845) 70, 60. — ⁴⁾ Riv. Scient. Industr. (1881) 13, 236; Pogg. Beibl. 5, 609. — ⁵⁾ Pogg. Ann. (1840) 51, 384.

wenn man statt der Schwefelsäure oxydirende Substanzen, z. B. Salpetersäure, als Elektrolyten verwendet, worauf schon D a v y¹⁾ aufmerksam machte.

P u l v e r m a c h e r ersetzte das Kupfer der Volta'schen Kette durch Platin, S m e e²⁾ durch platinirtes Platin oder Silber ($E = 0.7$ V.), P a t e r s o n³⁾ durch platinirtes Eisen. G r o v e verwendet Gaze aus platinirten Silberfäden, W a l k e r platinirtes Metallgewebe, Ph. d e S a i n t - A u s t e l l platinirten Tüll. Am einfachsten ist das Smee'sche Element nach E b n e r so herzustellen, dass man auf den Boden eines Glascylinders Quecksilber und auf dieses Zink bringt (auch von T y e r vorgeschlagen), den Cylinder mit 10%iger Schwefelsäure füllt und in diese ein platinirtes Bleiblech hängt. N i a u d e t schlägt auf dem Bleiblech schwammförmiges Blei nieder. R o b e r t s u. S t u r g e o n⁴⁾ ersetzen es durch Eisen, H u g h e s durch wasserstoffhaltiges, M ü n n i c h durch amalgamirtes Eisen, H u l o t durch Aluminium, das vorher kurze Zeit in concentrirte Salzsäure getaucht ist, B ö t t g e r⁵⁾ durch Antimon ($E = 0.96$ V.).

G a u t h e r o t schlug zuerst vor, statt des Kupfers Holzkohle zu nehmen; C h e u v r e u s s e zieht Hochofenkoks vor. Solche Ketten construirten L e u c h t e n b e r g und F a b r e d e L a g r a n g e, während T o m m a s i Graphit (E anfangs $= 1.37$ V., nach mehreren Stunden 0.83 V.), W a l k e r⁶⁾ platinirte Kohle und S y m o n s⁷⁾ Kohle, auf der elektrolytisch Antimon niedergeschlagen

¹⁾ Gilb. Ann. (1801) 8, 11. — ²⁾ Phil. Mag. (1840) 16, 315. — ³⁾ Mech. Mag. 33, 20. — ⁴⁾ Phil. Mag. (1840) 16, 142. — ⁵⁾ Zeitschr. des Frankf. Ver. 1867. — ⁶⁾ Phil. Mag. (1859) [4] 18, 37; vgl. Maïche, La Science pour tous 1852 S. 292 — ⁷⁾ Rep. Brit. Assoc. 1881, 557.

war, in Salmiaklösung anwandten. Die Kohle wird vom Zink durch Glasstäbe oder einen porösen Thoncylinder (Laborde, Napoli, Crova und Delhaumceau) getrennt. Bei zeitweiligem kurzen Gebrauche und Entnahme nur kleiner Ströme genügen diese Elemente. Sie werden constanter, wenn man nach Böttger¹⁾ die Kohle vor dem Einsetzen in die Batterie mit Salpetersäure tränkt und sie einen halben Tag an der Luft stehen lässt.

Eine kleine Sturz-Batterie erhält Vohwinkel²⁾ dadurch, dass er in einem cylindrischen Ebonitblock parallel zur Längsachse Bohrungen anbringt. An deren Wänden liegen Zinkbleche, die concentrisch Kohlenstifte umschliessen. Die Elektroden sind hinter einander geschaltet. Die Säure ist derart in einem äusseren Gefässe angebracht, dass sie nur beim Neigen oder Umstürzen der Batterie zu den Elektroden treten kann. Eine Batterie von 7 cm Höhe und 5 cm Durchmesser soll 3 A. bei 12 V. liefern können.

Auch Zink-Kohle-Elemente hat man mit Lüftung (siehe S. 5) zur Verminderung der Polarisation hergestellt. So lässt Libbey³⁾ in die Zwischenräume zwischen Zinkgitter und ihnen beiderseits gegenüberstehende durchlöchernte Kohlenplatten den Elektrolyten tropfen, der dann von Badeschwamm oder ähnlichem Materiale aufgenommen wird. Die am Zink sich bildende neutrale Lösung soll durch die Kohlenplatten hindurchfliessen und so den Zutritt frischer Flüssigkeit zum Zink gestatten. Um die horizontale Achse drehbar sind die auf den Rand eines

¹⁾ Pogg. Ann. (1856 99, 233. — ²⁾ E. P. 8350/1894. — ³⁾ A. P. 536689/1895.

Troges aufgehängten Zinkelektroden bei Rushton¹⁾. Sie werden umgeben von je zwei schräg gestellten Kohlenplatten. Boynton²⁾ lässt in horizontal liegende Hartgummicylinder den Elektrolyten auf der einen Seite oben ein-, auf der anderen unten austreten. Der Cylinder ist mit Kohlencylindern ausgelegt, die durch Isolirringe von einander getrennt werden. Von oben sind isolirt Zinkstäbe in die Zelle eingelassen. Die Elektroden werden hinter einander geschaltet.

Mit dem Elektrolyten kann man Sand (Bagration, Cook, Brett und Little) oder Thon (Roudel) oder Stroh oder Papier-Pasta (Weare) tränken. Peclet umgiebt das Zink mit einem starken Leinwandbeutel. Das Gefäss bildet zugleich den Kupferpol. Der Elektrolyt ist Kupfersulfat. Callan setzt der Schwefelsäure Natriumsulfat zu. Sie ist auch durch Salzsäure [Dellmann³⁾], Basen und die verschiedensten Salze ersetzt worden. Fabri und Ravaglia füllen das Zink-Kohle-Element mit Kalilauge ($E = 1.6 - 0.9$ V.). Buchin und Tricoche lassen mehrere Kohlen- und einen Zinkcylinder in eine Lösung von Kaliumbisulfat tauchen. Selmi verwendet Kaliumsulfatlösung, in der sich unten ein Zinkcylinder, oben dicht unter der Oberfläche eine Kupferspirale befindet. Bennet stellt ein Zink-Eisen-Element mit Potaschelösung und Diaphragma zusammen. Blair senkt Zink- und Zinnplatten, die durch Holzkohle getrennt sind, in concentrirte Kaliumcarbonatlösung. Mit demselben Elektrolyten füllt Torregiani⁴⁾ sein Blei-Kohle-Element.

¹⁾ E. P. 8480/1894. — ²⁾ A. P. 550039/1895. — ³⁾ Schlömilch's Zeitschr. 6, 287; 10, 86. — ⁴⁾ Compt. rend. (1866) 62, 851.

Zink und Kohle in Natriumchloridlösung verwenden Zalewski, Cauderay, Palagi und Parrish¹⁾ (Graphit), Zink und Eisen oder verzinnertes Eisen in Natronlauge Bennet²⁾ ($E = 1.00 - 1.23$ V.). Natriumhydroxyd als Elektrolyten bildet Jablchkoff³⁾ erst im Element selbst. Auf einer dünnen Scheibe aus Natrium, die in Seidenpapier eingehüllt ist, liegt eine amalgamirte Kupferplatte, unter ihr eine sehr poröse Kohlenplatte. $E = 2.5$ V. ändert sich mit der Temperatur und der Luftfeuchtigkeit. Bei einer zweiten Construction kommt auf den Boden eines aussen paraffinirten Kohlengefäßes ein oxydirbares Metall (Natrium, Natriumamalgam, Zink, Eisen etc.), darüber bis zum Rande des Gefäßes eine poröse Masse (Sägespäne, Packleinwand etc.) und zum Schluss eine Reihe poröser Kohlenröhren. Ist Natrium verwendet, so braucht man nur Wasser nachzufüllen, sonst durchtränkt man die poröse Masse mit Kochsalzlösung, die zur Verhinderung der Verdunstung nach dem Vorschlage D. Tommasi's Calciumchlorid enthält. $E = 2.2$ V. (Natrium), 1.6 V. (Zink), 1.1 V. (Eisen). Kohle und Platin oder Gold in concentrirter Natriumcarbonatlösung gaben Bartoli und Papasogli $E = 0.10 - 0.17$ V., in Natriumthiosulfatlösung 0.4—0.5 V. Natriumsilicatlösung hat Jourdan für die Zink-Kohleketten vorgeschlagen.

Der beliebteste Ersatz für die Schwefelsäure ist Ammoniumchloridlösung. Im Zink-Kupfer-Element tränkt Prax damit Papierdiaphragmen (die ausserdem mit dem

¹⁾ A. P. 431073. — ²⁾ Chem. News (1882) 45, 206; vgl. a. ebenda 48, 231. — ³⁾ Vgl. D. P. Nr. 32399; Centralbl. f. Optik u. Mechanik (1884) 5, 127; Zeitschr. f. Instrumentenk. (1885) 5, 450; Compt. rend. 1885) 100, 1214.

Pulver bestäubt werden) und Flannelscheiben, die sich zwischen den Elektroden befinden, Bagration und Genglaire¹⁾ Sand, in dem die Metallplatten stehen. Fortin, Devos und Lionel-Weber verwenden Ammoniumchloridlösung im Zink-Kohle-Element.

Die beste unter diesen Ketten scheint die von L. Maîche zu sein, bei der zugleich der Luft-Sauerstoff zur Depolarisation benutzt wird. An dem Ebonitdeckel des Elementengefässes ist ein durchlöcherter Cylinder aus porösem Thon befestigt, der mit gekörnter platinirter Knochenkohle gefüllt ist. Durch den Cylinder geht eine ebenfalls im Deckel befestigte Ebonitröhre, die unten ein Porzellengefäss trägt. In diesem liegen in Quecksilber zwei Zinkstäbe. Platindrähte dienen zur Stromabführung. Gefüllt wird das Gefäss bis 2 cm über den unteren Rand des Thoncylinders mit 15%iger Salmiaklösung. Die sich bildenden Zinksalze sinken in Lösung zu Boden, so dass sich auf der Kohle nie Zink abscheiden kann. $E = 1.25 \text{ V}$. Law hat die positive Elektrode dieses Elementes dadurch vergrößert, dass er sie aus einem doppelten Kohlencylinder herstellte.

Du Moncel füllt in den Thoncylinder eine Paste aus Kohlenstaub, Sägespänen und Ammoniumnitratlösung und umgiebt ihn mit einer ebensolchen, die statt Kohle Zinkfeile enthält. Mouthiers beschickt das Zink-Kohle-Element mit Ammoniumcarbonatlösung.

Bréton nimmt Calciumchlorid. Böttger füllt den Zwischenraum zwischen innerem Kohlen- und äusserem Zinkcylinder mit einem Gemenge gleicher Theile

¹⁾ Lum. él. (1893) 48, 574.

Magnesiumsulfat und Natriumchlorid aus, das mit einer concentrirten Lösung beider Salze durchtränkt ist.

Stoehrer verwendet Alaunlösung als Elektrolyten. Bestehen die Elektroden dann aus Kohle einerseits, Aluminium-Zink-Zinn-Legirung andererseits, so ist $E = 2\text{ V.}$, $W_i = 0.03\text{ O.}$ ¹⁾ La Valette und Delaurier speisen das Zink-Kupfer-Element mit Zinkchloridlösung. C. Pabst hängt eine mit Zinkoxyd bedeckte Kohlenplatte und einen Eisenblock an einem auf dem Rande des Glases liegenden Querstabe in Zinkchloridlösung. Brinkerhoff und M. E. Smith²⁾ stellen Kupfer und Zink in Antimonchloridlösung.

¹⁾ El. Eng. London (1890) 5, 263. — ²⁾ A. P. 453898.

b) Elemente mit einem depolarisirenden Elektrolyten.

An **Chlor** binden den Wasserstoff, der an der negativen Elektrode entsteht, Defonvielle und Hunter dadurch, dass sie das Zink-Kohle-Element mit Chlorwasser füllen, dem Salzsäure zugesetzt ist.

Le Roux entwickelt das Chlor erst im Elemente selbst aus anderen Substanzen, indem er die Kohle mit einem Gemenge von Braunstein und Salzsäure umgiebt, d'Arsonval, indem er gleiche Volumina kalt gesättigter Kaliumbichromatlösung und Salzsäure mischt. Auch Scheithauer¹⁾ sowie Blair und Hunter²⁾ depolarisiren in ihren Kohlen-Eisen-Elementen durch darin entwickeltes Chlor.

Upward³⁾ umgiebt das in Zinkchloridlösung stehende Zink mit einem porösen Thoncylinder. Die Zinkchloridlösung diffundirt durch das Diaphragma zu Kohlenstückchen, die den ganzen Aussenraum um die Kohlenelektrode füllen und befeuchtet diese, so dass das Chlor, das von unten nach oben hindurchstreicht, absorbirt wird. Man kann auch nur mit Wasser füllen und Chlor durchleiten. $E = 2.11 \text{ V.}$, $W_i = 0.2 \text{ O.}$ für eine $30 \times 23 \text{ cm}$ grosse Zelle. Bei Kurzschluss giebt

¹⁾ A. P. 396342. — ²⁾ A. P. 446727. — ³⁾ A. P. 357646; Elektrot. Zeitschr. (1886) 7, 385; Electrician (1887) 18, 348.

eine Zelle 10 A. Das Element ist einfach und billig. Die Localaction bei offenem Strome ist praktisch gleich Null. Das Zink braucht nicht rein zu sein und nicht amalgamirt zu werden. Ortelli¹⁾ leitet in einen Raum, der durch zwei Kohlenplatten, die gleichzeitig als eine Elektrode dienen, und entsprechende Isolirstücke gebildet wird und die Zinkelektrode sowie Ammoniumhypochloritlösung enthält, Chlor. Ein 1·5 kg schweres Element soll bei 2·4—2·5 V. einen constanten Strom von 12—15 A. liefern. $W_i = 0·5 O$. Salzlösungen, die mit einem Halogen gesättigt sind, verwenden Fichet und Nodon²⁾ als Depolarisatoren. Auch Pearce³⁾ giebt eine der Upward'schen ähnliche Batterie an.

Pabst⁴⁾ verwendet als Depolarisator Eisenchloridlösung oder 10⁰/₀ige Eisenchloridlösung mit einem (nicht recht verständlichen) Zusatze von $\frac{1}{4}$ ⁰/₀ Borsäure (Elektroden: Kohle und Zinn) oder 8⁰/₀ige Eisenchloridlösung, der ausserdem 4⁰/₀ Zinnchlorid und $\frac{1}{4}$ ⁰/₀ Borsäure zugesetzt sind (Elektroden: Eisen und mit Eisenoxyd präparirte Kohle). $E = 1—1·2$ V. Faure⁵⁾ nimmt als Elektrolyten Eisencarbonat in Natriumchloridlösung. Eine für Grossbetrieb bestimmte Batterie wird aus etwa 25 Gruppen von je 4 Kohlenelektroden von 2 m Breite zusammengestellt, deren Zwischenräume mit Eisenkörnern gefüllt sind. An den Enden jeder Gruppe stehen Eisenplatten zur Stromabnahme. Der Zwischenraum zwischen ihnen und der nächsten Kohlenelektrode ist mit Koksstücken oder Kupferdrehspänen ausgefüllt. Der Elektro-

¹ Lum. él. (1890) 41, 622; D. P. 60806. — ²) D. P. 44177. — ³) E. P. 7189/1886. — ⁴) D. P. 23994. — ⁵) Lum. él. (1891) 41, 229; E. P. 13853/1890; D. P. 57316.

lyt ist Natriumchloridlösung. Zum Depolarisiren wird Luft in die Innenräume der Kohlenelektroden, die je aus zwei, unter sehr spitzem Winkel zusammenstehenden Platten, einer sehr porösen und einer undurchlässigen bestehen, geblasen. Die Batterie liefert 1.15 V. und 1000 A. und verbraucht für 1 elektr. P.-Stde. 1 kg Eisen.

Siebert¹⁾ depolarisirt mit einem Gemische äquivalenter Mengen Chromchlorid und Salzsäure. W. Schmidt²⁾ mit schwach saurer Quecksilberchloridlösung unter Verwendung von Quecksilber als Anode. Auch Schanschieff³⁾ verwendet Quecksilberchlorid; zwischen die Zink- und Kohle- oder Platinplatten giebt er ein Kautschukpolster.

Brom giesst Koosen⁴⁾ auf ein dünnes, wellenförmiges Platinblech oder eine Kohlenplatte, die sich am Boden eines Meidinger'schen Elementenglases befindet, umgiebt den amalgamirten, in etwas Quecksilber tauchenden Zinkcylinder mit einem Diaphragma und stellt dies auf eine poröse Thonplatte, die auf der Verengung des Glases aufliegt. Als Elektrolyt dient verdünnte Schwefelsäure ($\frac{1}{15}$ — $\frac{1}{20}$). $E = 1.9$ V., W_i grösser als beim Grove-Element. Durch nicht zu kleine äussere Widerstände geschlossen, ist die Kette sehr constant. Warren⁵⁾ füllt seine Bromkette mit Eisenchloridlösung. Kugel⁶⁾ verwendet zu seinem Element, das durch einen dem primären entgegengerichteten Strom regenerirbar ist, zwei mit Zinkbromidlösung gefüllte und durch einen Heber verbundene Gefässe, in die ein Zink- und

¹⁾ Elektrot. Zeitschr. (1890) 11, 104. — ²⁾ Zeitschr. f. Chem. 1869, 88. —

³⁾ Lum. él. (1887) 25, 546. — ⁴⁾ Wied. Ann. (1884) 23, 348. — ⁵⁾ Chem. N. (1887) 55, 49. — ⁶⁾ D. P. 45168.

ein mit Brom umgebener Kohlenstab, oder statt des letzteren ein Platinblech tauchen. Bei Ueberschuss von Brom ist $E = 1.781$ V., bei Verdünnung weniger. Auch die einfache Kette Platin und Zinkbromidlösung soll bei monatelanger Stromentnahme sehr constant sein.¹⁾

Jod in Zinkjodidlösung verwendet Laurie²⁾ in der Kohle-Zink-Kette als Depolarisator. Er schlägt auch Jod in Cadmiumjodidlösung vor und verwendet dann statt des Zinks eine rotirende Cadmiumplatte, statt der Kohle Platin. $E = 1$ V. Northrup³⁾ gebraucht Schwefeljodür.

Schwefel will Leblanc⁴⁾ als Depolarisator benutzen. Er stellt einem mit Schwefelblumen umgebenen verkupferten Bleistab Zink in Natriumchloridlösung gegenüber. Verwendet man Schwefelsäure statt Salzwasser und ersetzt die von Leblanc gebrauchte Kathode aus Blei durch eine solche aus Eisen, Silber oder Platin, so findet nach Matteucci⁵⁾ keine Depolarisation statt. Walker⁶⁾ bedeckt die Kohlenplatte mit Schwefel und einem Theerüberzuge. Es soll Schwefelwasserstoff entstehen, der aus dem durch den Elektrolyten (Salzsäure, Natriumchlorid- oder Ammoniumchloridlösung) gebildeten Zinkchlorid Sulfid fällt. Dass letzteres auch in mineral-saurer Lösung eintreten sollte, ist nicht denkbar. Delaurier umgiebt im Zink-Eisen-Elemente das Eisen mit einer Paste aus Kalk, Schwefelblumen und Natriumchloridlösung, Savary im Zink-Kohlen-Elemente die Kohle mit einer in Schwefelpaste eingehüllten Kupfer-

¹⁾ El. World (1889) 13, 59. — ²⁾ Nature (1881) 23, 279. — ³⁾ J. Frankl. Inst. (1893) 135, 318. — ⁴⁾ Compt. rend. (1865) 60, 656. — ⁵⁾ Arch. de Genève, Nouv. Sér. 23, 26. — ⁶⁾ A. P. 361794; Lum. él. (1887) 25, 95.

spirale. Ein Gemisch von Schwefel und Braunstein verwendet *Franken*¹⁾.

Den im Wasserstoffsuperoxyd verfügbaren **Sauerstoff** wollen *Fonvielle* und *Dehérais* im Zink-Kupfer-Elemente zur Depolarisation benutzen. *Böttger* taucht in ein aussen gefirnisstes, mit Ferrisulfatlösung gefülltes Kohlengefäß einen amalgamirten Zinkcylinder. *Figuié* setzt dem Ferrisulfat noch Ferrichlorid zu und regeneriert sein Element durch einen Chlorstrom. $E = 1.5 \text{ V}$. *Mouthiers* füllt mit Ferrosulfatlösung. Das allmählich ausfallende Ferrohydrat soll sich durch den Luft-Sauerstoff zu Ferrihydrat oxydieren und als solches depolarisierend wirken. *D. Tommasi* löst Mercurisulfat in einer gesättigten Natriumchloridlösung und stellt Magnesium, das er zuerst 1866 statt Zink vorgeschlagen hat, und Platin oder Kohle hinein. $E = 1.7 \text{ V}$. *Schanschiew*²⁾ stellt Zink und Kohle oder Platin in basisches Mercurisulfat. Eine ähnliche Kette will *Böttcher*³⁾ verwenden. $E = 1.36 \text{ V}$. *Fitch* nimmt als Elektrolyten eine Lösung von Kaliumchlorat, Natriumchlorat und Ammoniumchlorid. Setzen sich auf den Elektroden Krystalle ab, so sind sie durch Zusatz von 30 g Salzsäure pro Zelle zu lösen. Bei dem kleineren Typus ist $W_i = 0.35 \text{ O}$. bei einem Entladestrom von 0.2 A. oder Stromschluss durch 5 O. *Barrett*⁴⁾ taucht Kohle in Quecksilberbisulfatlösung, während das Zink auf Quecksilber schwimmt.

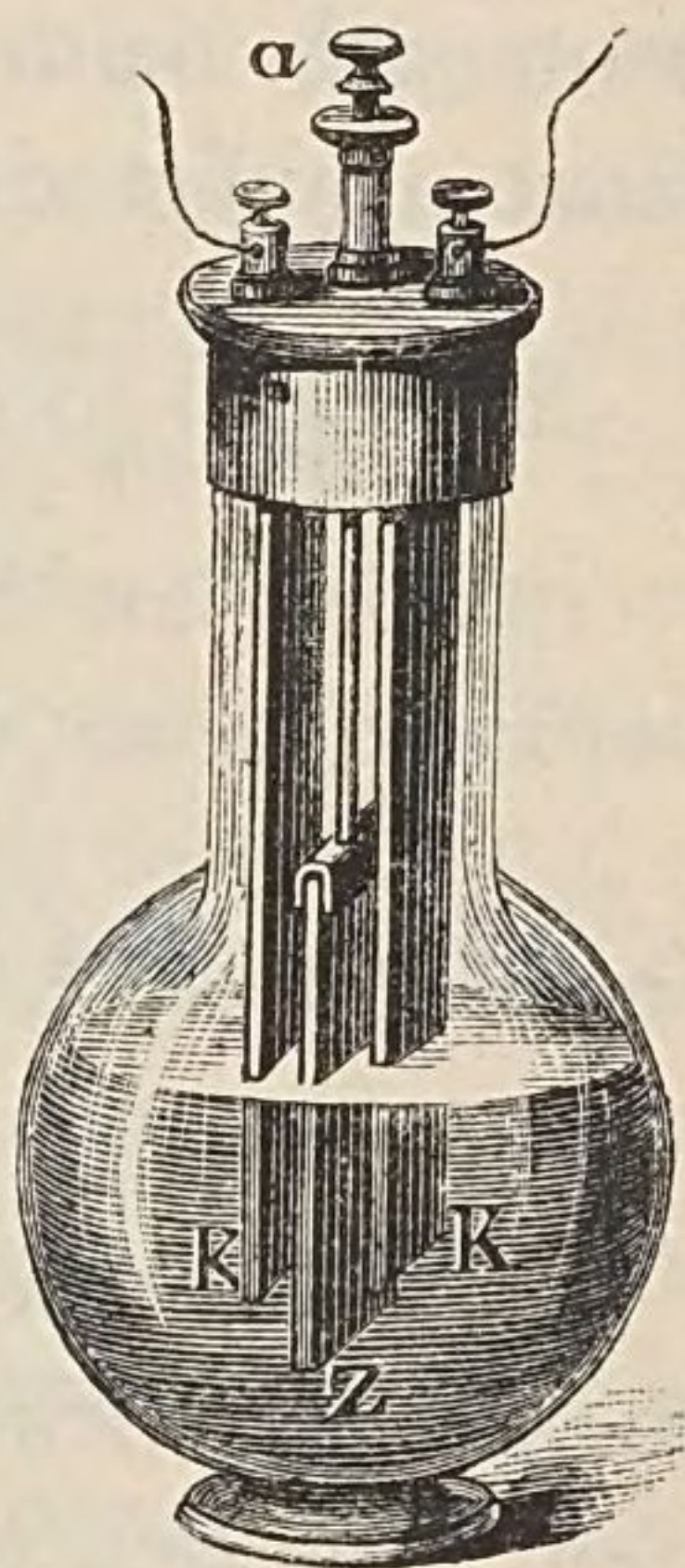
Aus Zinn und Platin in verdünnter **Salpetersäure** erhält *Roberts* ein starkes Element. *Zaliwski* und *Mikorski* fügen die Salpetersäure der Schwefelsäure

A. P. 364639. — ²⁾ Dingl. (1886) 261, 446. — ³⁾ Elektrot. Zeitschr. (1891) 12, 350. — ⁴⁾ Elektrotechniker (1883) 2, 24.

zu und stellen Kupfer und Kohle hinein. Eisen und Kohle in verdünntem Königswasser geben A y m o n n e t ein Element mit der elektromotorischen Kraft 1.1—1.3 V. B o r c h e r s ¹⁾ füllt ein Eisenrohr mit einer Lösung von 90 Th. Natriumhydroxyd, 80 Th. Natriumnitrat und 300 Th. Natriumchlorid und hängt einen Zinkstab hinein. Gladstone und Tribe tauchen in eine 6%ige Kupfernitratlösung eine horizontal liegende Kupferplatte vollständig, eine Silberelektrode in Form einer abgeplatteten Kugel nur mit dem unteren Ende ein. Auf dieser setzt sich Kupferoxyd ab, während das Kupfer der positiven Elektrode in Lösung geht.

Viel mehr Verbreitung als irgend eine dieser Ketten haben die Elemente gefunden, bei denen **Chromsäure** als Depolarisator gebraucht wird. Meist wird die Chromsäure erst im Element selbst aus Bichromat und Schwefelsäure gebildet. Zuerst wandte P o g g e n d o r f f ²⁾ ein solches Gemisch in den Zink-Kupferketten an. Vortheilhafter lässt man in die Chromsäure eine Platte aus Kokskohle und eine $\frac{1}{4}$ so grosse aus amalgamirtem Zink tauchen. Will man ein Diaphragma anwenden, so kann man die massiven Kohlenplatten durch ein Haufwerk von kleinen Kokskohlenstücken ersetzen, in das zur Stromableitung ein Kohlenstab taucht. In Folge der grösseren Oberfläche wird die Polarisation gründlicher vermieden. Meistens gebraucht man diese Elemente jetzt

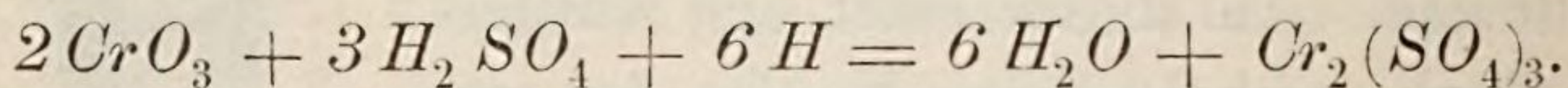
Fig 1.



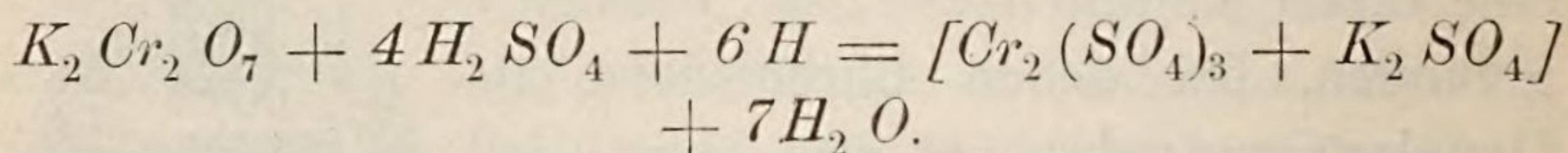
¹⁾ Dingl. (1887) 263, 32. — ²⁾ Pogg. Ann. (1842) 57, 110.

nach dem Vorgange von Grenet in Flaschenform und ordnet, wie Fig. 1 zeigt, die amalgamirte, aus der Flüssigkeit herausziehbare Zinkplatte zwischen zwei Kohlenplatten an, die durch ihre Fassungen in dem Ebonitdeckel des Gefäßes befestigt sind. Eine Berührung der beiden Elektroden wird durch einen Kautschukring oder ein Hartgummiklötzchen vermieden.

E gleich nach der Schliessung 2.028 V., bleibt kurze Zeit constant und sinkt allmählich auf die Hälfte. Wi kann sich beim Gebrauche versiebenfachen. Die Chromsäure oxydirt den Wasserstoff nach folgender Gleichung:



Wird an Stelle von Chromsäure Kaliumbichromat verwendet, so verläuft die Reaction folgendermaassen:



Die nothwendigen Mengen der einzelnen Bestandtheile des Elektrolyten ergeben sich aus obigen Gleichungen. Von den vielen vorgeschlagenen Mischungen werden folgende meist angewendet. Reiniger¹⁾ löst 50 g Chromsäure in 1 l Wasser und fügt 70 g Schwefelsäure zu. Nach Wöhler und Buff sollen zu der Lösung von 12 Th. Kaliumbichromat in 100 Th. Wasser 25 Th. Schwefelsäure gesetzt werden. Walter²⁾ empfiehlt, 150 g Natriumbichromat in 250—350 g Wasser zu lösen und 250 g Schwefelsäure zuzugeben. Geringsten Zink-

¹⁾ Vgl. a. Hookogey, Lum. él. (1887) 24, 336. — ²⁾ Journ. prakt. Chem. (1885) 31, 527; vgl. . Selwyn Lewis Harding, Amer. Journ. of Science (1887) [3] 33, 61 und Landmann, Verh. d. Ver. z. Bef. d. Gewerbfl. 1888.

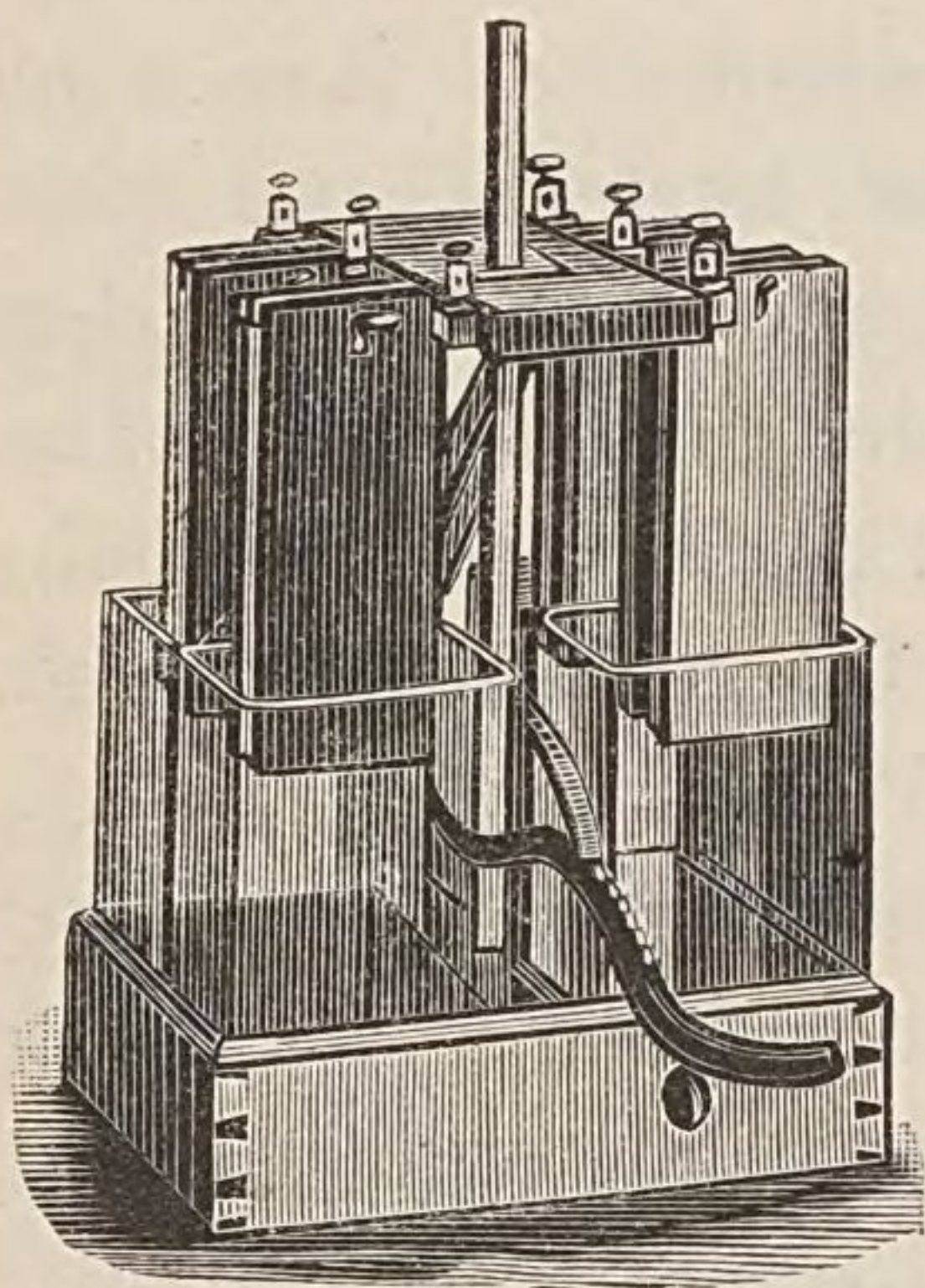
verbrauch und grösste Leistung der Elemente ergibt nach Hammerl¹⁾ die mit 300 g Schwefelsäure versetzte Lösung von 65 g Chromsäure in 1200 g Wasser. Obgleich man bei Verwendung von Chromsäure weniger Schwefelsäure zuzusetzen braucht, die Bildung des schwer löslichen Chromalauns verhindert (siehe weiter unten) und zur Erzielung derselben Oxydationswirkung 21⁰/₀ weniger als an Kaliumbichromat und 11¹/₂⁰/₀ weniger als an Natriumbichromat nöthig hat, wird man sie in der Praxis kaum gebrauchen, da sie viermal so theuer als das Natriumsalz ist. Dagegen ist letzteres, das wohl zuerst von D. Tommasi angewendet worden ist, dem Kaliumsalz aus mehreren Gründen vorzuziehen. Das Natriumbichromat ist etwa ¹/₄ billiger als das Kaliumbichromat, enthält in derselben Gewichtsmenge mehr Sauerstoff, so dass man dieselben Wirkungen mit 11¹/₂⁰/₀ weniger Salz erzielen kann und ist leichter in Wasser löslich, so dass man concentrirtere Lösungen herstellen kann. Man braucht also nicht so häufig wie bei Verwendung des Kaliumsalzes frische Lösungen nachzufüllen und kann stärkere Ströme entnehmen, ohne eine allzu rasche Abnahme der Intensität befürchten zu müssen. Schliesslich ist der Natrium-Chrom-Alaun leichter löslich als der Kalium-Chrom-Alaun, so dass sich am Boden des Gefässes keine harten Krusten absetzen und die Poren der Kohle nicht durch Krystalle verstopft werden.

Damit das Zink sich weniger abnutzt, ist es vortheilhaft, es beim Nichtgebrauche des Elementes aus dem Chromsäuregemisch herauszuheben. Die für einzelne

¹⁾ Elektrot. Zeitschr. (1895) 16, 469.

Elemente zu diesem Zwecke meist angewandte Construction haben wir schon in Fig. 1 versinnbildlicht. Bunsen, Baudet, Ducretet, Gaiffe, Hauck, Jarriant, Stoehrer, Tissandier, Trouvé u. A. befestigen bei grösseren Batterien die Zinkplatten an einer Welle. Eine andere, viel gebrauchte, von Keiser & Schmidt verwendete Construction zeigt Fig. 2. Aboilard,

Fig. 2.



Chardin und Boisseau du Rocher haben in ihren Batterien besondere Abtheilungen angebracht, in denen die Zinkelektroden während der Ruhe stehen.

Die depolarisirende Wirkung der Chromsäure unterstützt Carpentier durch automatische Circulation des Elektrolyten, ebenso Ponci (siehe weiter unten); Trouvé durch Einblasen von Luft.

Für die Zusammensetzung des Elektrolyten giebt es ausser den schon oben erwähnten (siehe S. 18) noch sehr viele Vorschriften, die aber meist kaum einen nennenswerthen Vorthail vor den gewöhnlichen bieten. Ponci¹⁾ löst 1 Th. Kaliumbichromat in 10 Th. Wasser und fügt 5 Th. Salzsäure hinzu. Steinmetz²⁾ nimmt nach dem Vorschlage Renard's moleculare Mengen Kaliumbichromat, Schwefelsäure und Salzsäure und er-

¹⁾ Mondes (1883) [3] 4, 583. — ²⁾ El. Eng. N. Y. (1891) 11, 468, 544; vgl. a. Reed, ebenda S. 491, 576.

zielt damit eine grössere Dauerleistung des Elementes, Engle d u e¹⁾ auf eine Lösung von $1\frac{1}{2}$ Th. Natriumbichromat in 10 Th. Wasser $2\frac{1}{2}$ Th. rohe Schwefelsäure und 2 Th. rohe Salzsäure. P a r t z²⁾ will die Ablagerung von schlecht leitendem Chromoxyd auf dem Zink, die bei den gewöhnlichen Chromsäure-Elementen trotz des Ueberschusses an Schwefelsäure eintritt, vermeiden, indem er als Elektrolyten eine Lösung von 15 Th. Ammoniumbichromat und 15 Th. Zinkchlorid in 100 Th. Wasser verwendet. Es scheidet sich dann auf dem Zink olivengrünes Chromzinkoxychlorid ab, das leicht zu Boden fällt. Die Kohle ist zur besseren Circulation der depolarisirenden Flüssigkeit mit 10—12 Längsschlitzten versehen. Das Zink wird durch Eintauchen in ein mit Quecksilber gefülltes Gläschen stets amalgamirt erhalten. Die elektromotorische Kraft beträgt nach Du Moncel und Hospitalier 1.45 V., der Widerstand 2 Ohm. P a r t z³⁾ führt auch feste Sulfochromsäure in das Element ein, und zwar durch eine rechts senkrecht stehende Glasröhre. Am Boden des Batterieglases liegt eine flache, zur Vergrösserung der Oberfläche mit kegelförmigen Löchern versehene Kohlenplatte, von der ein Kohlenstab durch den Deckel der Zelle als ein Pol geht. Das Zink steht entweder in Cylinderform senkrecht und ist dann von einem Diaphragma umgeben oder liegt, ohne durch ein Diaphragma geschieden zu sein, in Plattenform ebenfalls horizontal. Der Elektrolyt besteht aus einer wässrigen Lösung von Magnesiumsulfat oder besser von Kochsalz. Soll das Element gebraucht werden, so füllt man die Sulfochromsäure in die Glasröhre ein.

E. P. 4781/1891. — ²⁾ Lum. él. (1885) 3, 168. — ³⁾ C.-Sch. 55.

Sie löst sich dann allmählich auf und verbreitet sich über die Kohlenplatte. Lässt die Wirkung der Zelle nach, so hat man nur Sulfochromsäure nachzufüllen. E anfangs $= 2.08$ V., nach einstündigem Schluss durch 10.185 V., erholt sich rasch und steigt wenige Minuten nach dem Oeffnen des Stromkreises wieder auf 2 V. $W_i = 0.82$ O.; $J = 1.04$ A.

P u t o t löst 30 Th. Kaliumchlorochromat (erhalten durch Zusammenschmelzen von 17 Th. Kaliumbichromat mit 9 Th. Kaliumchlorid) und 100 Th. Natriumbisulfat in 500 Th. Wasser.

Ebenfalls die Bildung von Chromalaun verhindern will K u s m i n¹⁾ in seiner Diffusionsbatterie durch Trennung der Schwefelsäure von der Kaliumbichromatlösung durch ihre verschiedenen specifischen Gewichte. Die vier Kohlenplatten des einen Pols tauchen nur bis zu $\frac{2}{3}$ der Tiefe in das Gefäss, während der durch sie hindurch gehende Zinkstab bis zum Boden reicht. Ueber Schwefelsäure von 15^0 Bé. wird 6—7%ige Kaliumbichromatlösung geschichtet. Das Element soll²⁾ in Russland viel benutzt werden und bei 20×15 cm Grösse und 176 cm^2 Zinkoberfläche in 13 Stunden 36 A.-Stunden bei 48 g Zinkverbrauch liefern.

Um den Elektrolyten leicht transportirbar zu machen, mischt ihn Loiseau aus festem Kaliumbichromat und Kaliumbisulfat.

Voisin und Drosnier lösen 100 Th. Kaliumsulfat in 400 Th. Schwefelsäure und fügen 170 Th. Ka-

¹⁾ D. P. 48867. — ²⁾ Lum. él. (1890) 35, 483; El. Eng. N. Y. (1891) 12, 360.

liumbichromat zu, oder ¹⁾ mischen 83·33 Th. Wasser, 4·5 Th. Kaliumbichromat, 9·83 Th. Schwefelsäure und 2·33 Th. Natriumsulfat. Delaurier²⁾ löst 18 Th. Kaliumbichromat in 200 Th. Wasser und fügt 42 Th. Schwefelsäure zu, oder er verwendet auf 400 Th. Wasser 45 Th. Kaliumbichromat, 90 Th. Schwefelsäure, 40 Th. Natriumsulfat und 40 Th. Ferrosulfat. $E = 1·162$ V., Wietwa viermal so gross als im gewöhnlichen Chromsäureelemente. A. Clark³⁾ schlägt Kaliumbichromat, Ferrosulfat, Natriumchlorid, Schwefelsäure und Wasser vor. Chutaux²⁾ lässt eine Lösung aus 100 Th. Kaliumbichromat und 50 Th. Mercurisulfat in 1500 Th. Wasser, der 200 Th. Schwefelsäure zugefügt sind, durch eine Sandschicht tropfen, die das Zink umgiebt. Egger⁴⁾ fügt zu der Lösung von 25—50 g Kaliumbichromat in 200 cm³ Wasser 200 cm³ Schwefelsäure und 100 cm³ Salpetersäure, Swan⁵⁾ zur Lösung von 2 Th. Chromsäure in 5 Th. Wasser 5 Th. Schwefelsäure und 1 Th. Salpetersäure, Schlesinger⁶⁾ zu einer Mischung von 600 g Schwefelsäure vom spec. Gew. 1·8 und 350 g Wasser 60—80 g Chromsäure und 600 g Salpetersäure vom spec. Gew. 1·36 unter Erwärmen. Johnson⁷⁾ schichtet über eine Mischung aus Calciumchromat und Schwefelsäure Salpetersäure. Roberts setzt den Elektrolyten aus Kaliumbichromat, Kaliumpermanganat, Natriumchlorid und Ammoniumchlorid zusammen. Reed⁸⁾ verwendet die Lösung eines Gemisches von Chromsäure und Am-

¹⁾ Bull. de la Soc. d'Encour. 1873, 114. — ²⁾ Ib. 1871, 113; vgl. a. Ducretet, Mondes (1878) 46, 307. — ³⁾ E. P. 3799/1891. — ⁴⁾ Centralbl. El. (1883) 5, 424. — ⁵⁾ Elektrot. Zeitschr. (1889) 10, 578. — ⁶⁾ E. P. 18477/1891. — ⁷⁾ A. P. 522836/1894. — ⁸⁾ E. P. 13807/1890.

moniumchlorid, M ü t h e l ¹⁾ von Chromsäure und Ammoniumbisulfat. Um Zink und Chrom als Phosphate zurückgewinnen zu können, werden noch saure Phosphate oder Phosphorsäure zugesetzt.

Bei Verwendung von Platin statt Kohle kann das Element nach Beobachtungen K o n s t a n t i n o f f 's nicht so viel Strom liefern und büsst an Kraft ein. Deshalb dürfte der Vorschlag B y r n e 's, als negative Elektrode ein dünnes Platinblech zu nehmen, das zur Verringerung des Widerstandes auf einem Bleiblech und mit diesem zusammen auf einer Kupferplatte befestigt ist, ziemlich werthlos sein. Damit stimmen die Angaben R e n a r d 's ²⁾ nicht überein, der in einer Lösung gleicher Theile Chromsäure und Salzsäure einen dünnen, nicht amalgamirten Zinkstab und ein ihn umgebendes platinirtes Silberblech von 0·1 mm Dicke anordnet. Er will ³⁾ 1·2 V. Klemmenspannung pro Zelle und durch eine Batterie aus 36 Zellen von 3 × 30 cm Grösse 2 Stunden lang eine Arbeit von 200—250 W. erhalten haben. Das Element ist sehr leicht.

E i s e n m a n n ⁴⁾ stellt Zink und Kohle in eine Lösung von 30 g Natriumwolframat und 5 g Natriumphosphat in 350 cm³ Wasser, die mit etwas Schwefelsäure versetzt ist. E und W i entsprechen denen bei Chromsäureelementen. D u c h e m i n ⁵⁾ verwendet als Elektrolyten Pikrinsäurelösung.

Man kann auch die Polarisation dadurch vermindern, dass man einen Elektrolyten nimmt, der bei der Zersetzung

¹⁾ D. P. 62210. — ²⁾ D. P. 50889. — ³⁾ Bull. intern. de l'él. 1888, 90; Dingl. 270, 187. — ⁴⁾ D. P. 37832. — ⁵⁾ Compt. rend. (1867) 64, 760.

keinen Wasserstoff liefern kann, oder dass man statt der Wasserstoff- eine Metallabscheidung bewirkt.

Auf dem ersten Princip beruht das Element von Broglia, der Zink und Kohle in eine concentrirte Lösung von Kalium- oder Natriumbisulfit tauchen lässt. Die elektromotorische Kraft soll nach dem Erfinder ungefähr dieselbe sein wie die der Chromsäureketten, seine Lebensdauer viel grösser. Dies erscheint unmöglich, da sich das Zink selbst bei offenem Element in der Bisulfitlauge löst.

Warren de la Rue¹⁾ verwendet Zink und Kupfer in Kupfervitriollösung, Kemp²⁾ und Wheatstone³⁾ ersetzen das Zink durch sein Amalgam. Fyfe⁴⁾ bringt Zink und Eisen in eine Lösung von Kupfersulfat, Kaliumnitrat und Natriumchlorid, Desbordes⁵⁾ Kupfer und Zink in eine Lösung von Kupfersulfat und Zinksulfat, die mit Schwefelsäure versetzt ist. Erhard und Vogler⁶⁾ ersetzen das Kupfer durch Blei, das sich natürlich bald verkupfert. Obgleich die Polarisation bei diesen Elementen vermindert ist, sind sie doch nicht zu empfehlen, da sich das Zink selbst bei offenem Strom mit Kupfer bedeckt und durch die Wirkung des neu entstandenen Elementes schnell gelöst wird. Die von Osann⁷⁾ vorgeschlagene Kette: Zink und amalgamirtes

¹⁾ Phil. Mag. (1837) 10, 244; Pogg. Ann. 40, 628. — ²⁾ Edinb. J. 1828. — ³⁾ Phil. Transact. 1843, 309; Pogg. Ann. 62, 511. — ⁴⁾ Phil. Mag. (1837) [3] 11, 145; Pogg. Ann. 43, 228. — ⁵⁾ Institut 1844, 258; Mech. Mag. 41, 257. — ⁶⁾ Bull. de la Soc. intern. des Electr. (1886) 3, 66; Wied. Beibl. 10, 240. — ⁷⁾ Würzb. Verh. (1848) 6, 62.

Zink in Zinksulfatlösung zeigt eine elektromotorische Kraft von nur etwa 0·14 V. Lobstein füllt die Zink-Kupfer-Kette mit einer Lösung von 4 Th. Bleiacetat und 4 Th. Natriumchlorid in 10 Th. Wasser, die mit 10 Th. Schwefelsäure versetzt wird (dabei bildet sich doch ein Niederschlag von Bleisulfat!).

c) Elemente mit festen oder breiförmigen Depolarisationsmassen.

Bei einigen dieser Elemente ist die depolarisierende Substanz in dem Elektrolyten etwas löslich. Diese kann man deshalb auch schon als Ketten mit zwei Elektrolyten betrachten.

Geschmolzenes Silberchlorid schlug zuerst M. Davy¹⁾ vor. Fast gleichzeitig mit ihm verwandte es Niaudet. Aber erst Warren de la Rue und H. Müller²⁾ brachten das Element in eine brauchbare Form. Durch den paraffinirten Kork eines Glaszylinders von 13 cm Höhe und 3 cm Durchmesser geht ein unamalgamirter oder auch amalgamirter Zinkstab. Er hat eine obere Durchbohrung, durch die, von einem konischen Stift gehalten, ein Silberdraht gesteckt ist, der den positiven Pol eines zweiten Elementes bildet. Zwischen Kork und Glas festgeklemmt ist ein in letzteres ragender Silberdraht von etwa 15 cm Länge und 0.7 mm Durchmesser, der von einem 64 mm langen und 6.5 mm dicken Cylinder aus geschmolzenem Silberchlorid umhüllt ist. Ein darum angeordneter Pergamentpapier-Cylinder verhütet eine zufällige Berührung der Elektroden. Durch eine für gewöhnlich verschlossene Oeffnung im Kork wird Natrium-

¹⁾ Ann. télégraph. 1860, janv.-févr. — ²⁾ Compt. rend. (1868) 67, 794; (1875) 81, 686, 746.

chlorid- oder Ammoniumchloridlösung (25 g auf 1 l Wasser) eingefüllt. Statt des geschmolzenen Silberchlorids schlug E. Becquerel pulverförmiges vor. Hathaway¹⁾ hält den Silberchloridblock durch Silberscheiben am Drahte fest und schliesst ihn in eine Zinkbüchse ein. Aehnlich verfährt Allison²⁾. Hard³⁾ versieht den ebenso befestigten Block mit tiefen ringförmigen Nuthen, überzieht ihn mit porösem, mit Kohle getränktem Materiale und schliesst ihn in ein Gefäss aus nicht leitendem Stoffe ein, das innen mit Zink überzogen ist. Fink⁴⁾ hüllt das Silberchlorid in dünnes Silberblech ein oder umwickelt mit Silberdraht. Letzteres thut auch Barrett⁵⁾. Hard und Connet⁶⁾ umkleiden den mit Silberchlorid umgossenen Silberdraht unter Umständen noch mit Kohle und verwenden das Zink als äusseres Gefäss. Pincus⁷⁾ füllt Gläschen von 20 cm Länge und 2 cm Weite bis auf etwa 4 cm vom oberen Rande mit verdünnter Schwefelsäure oder Kochsalzlösung, bringt auf den Boden des Glases einen Tiegel (oder einen oben mit Guttaperchapapier umgebenen Draht) aus chemisch reinem Silber von etwa 9 cm² Oberfläche, der mit pulverförmigem Silberchlorid gefüllt ist, und löthet an den von diesem abgehenden isolirten Kupferdraht die aus einem Stabe von ebenfalls etwa 9 cm² Oberfläche bestehende amalgamirte Zinkelektrode eines anderen Elementes an, die sich in dem das Glas verschliessenden Korke auf- und abschieben lässt. Gaiffe⁸⁾ verwendet als Elektrolyten 5⁰/₀ige Zinkchloridlösung, die man auch

¹⁾ A. P. 454598. — ²⁾ Lum. él. (1890) 38, 329. — ³⁾ A. P. 457116. — ⁴⁾ A. P. 434593. — ⁵⁾ A. P. 403451. — ⁶⁾ E. P. 11560/1891. — ⁷⁾ Pogg. Ann. (1868) 135, 167. — ⁸⁾ Vgl. a. Clarke Polyt. Notizbl. (1884) 39, 49.

von Papier aufsaugen lassen kann, von Scheliha¹⁾ bei allen Elementen, die als Depolarisator Silber- oder Bleichlorid oder Kupfer- oder Quecksilberchlorür haben, eine 5—15%ige neutrale Lösung der Sulfate des Zinks oder elektropositiverer Metalle.

Scrivanow²⁾ umgiebt das Silberchlorid, in dem ein Kohlenprisma steht, mit Asbestpapier und erzielt beim Gebrauche von Kalilauge (75:100) eine elektromotorische Kraft von 1.45—1.50 V. Die Kalilauge kann durch 30—40%ige Natronlauge ersetzt werden. Ein 100 g schweres Element hat eine Capacität von 1 A.-Std. Ein Element, das 700 g Zink und 2.500 g Silberchlorid enthält, kann 25 Stunden lang ununterbrochen eine Arbeit von 180.000 kg-m leisten. Root³⁾ umgiebt einen in Mineralfiber eingepackten Silberchloridstab mit einem Zinkcylinder und füllt das Element mit kaustischer Lösung. Ein Gemenge von Silber- und Quecksilberchlorid hat A. Schmidt⁴⁾ als Depolarisator vorgeschlagen; als Kathode verwendet er Zink-Antimon-Quecksilber-Legirung. Liebert⁵⁾ benutzt als Erregerflüssigkeit eine Lösung von 12—20 Th. Zinksulfat und 1—6 Th. Quecksilberchlorid oder -chlorür in 100 Th. Wasser unter Zusatz von 2—10 Th. Schwefelsäure. Diese Elemente polarisieren sich bei Entnahme nicht zu dichter Ströme nicht und liefern nach G. A. Liebig⁶⁾ einen constanteren Strom als Chromsäure-Tauchelemente. $W_i = 4.3 \text{ O.}$ $E = 1.03—1.07 \text{ V.}$, bei Ersatz des Silberchlorids durch das Bromid 0.908, durch das Jodid 0.758 V.;

¹⁾ D. P. 62178. — ²⁾ Dingl. (1883) 248, 178. — ³⁾ A. P. 470792. — ⁴⁾ D. P. 51160; vgl. a. Liebert, Elektr. Zeitschr. (1890) 11, 35. — ⁵⁾ D. P. 48498. — ⁶⁾ El. Rev. (1891) 19, 31.

mit Zinkchlorid 1·01 V., mit Zinksulfat 1·16 V., mit Kalilauge 1·64 V.

Quecksilberchlorür-Paste als Umhüllung der Kohlenelektrode wandte H é r a u d ¹⁾ an. Hat man als Elektrolyten eine mit $\frac{1}{10}$ Vol. Ammoniak versetzte Ammoniumchloridlösung, so beträgt E anfangs 1·45 V., nach 6 Monaten 1·075 V. Zinkjodid als Elektrolyt giebt nach M c L e o d ²⁾ 0·7 D. Das Normal-Element von H. v. H e l m h o l t z ist später beschrieben.

Quecksilberchlorid ist von F i t c h als Depolarisator verwendet worden. Es umgiebt auch die vom Zink durch Diaphragma getrennte Kohle in dem Elemente von H u s s e y ³⁾.

Mit Bleichlorid getränkte Papierscheiben verwandte M. D a v y zusammen mit Weissblech und Zink zum Aufbau einer Säule; $E < 1$ D. Blei in Bleichlorid gebrauchten P i e r t o t ⁴⁾ und d e S a i n t e - M a r i e ⁵⁾.

P l a t n e r ⁶⁾ stellt Zink in Kaliumferro- oder -Ferricyanidlösung und verwendet als Gegenelektrode z. B. Kupferdrahtgeflecht, das mit Kupferferricyanid überzogen ist. Bei der Thätigkeit des Elementes bildet sich einerseits Zinkferrocyanid, andererseits wird Kupferferricyanid unter Bildung von Kaliumferricyanid zu Kupfer reducirt. Die Kathode kann auch eine andere sein.

Wichtiger als die eben aufgezählten Chlorid- und Cyanidketten sind die Elemente, die als Depolarisator eine leicht reducirbare Sauerstoffverbindung enthalten.

¹⁾ Compt. rend. (1879) 88, 124. — ²⁾ Nature 20, 260. — ³⁾ A. P. 414220, 414318. — ⁴⁾ Compt. rend. (1873) 77, 667. — ⁵⁾ Bull. de la Comp. Intern. des Téléphones (1884) 3, 155; Wied. Beibl. 9, 128. — ⁶⁾ D. P. 81494 u. 82100/1895.

Besondere Beachtung verdienen die Kupferoxyd-Elemente, da der reducirte Depolarisator schon durch Stehen an der Luft, schneller durch Rösten oder durch einen Gegenstrom wieder Sauerstoff aufnimmt. Zuerst schlug Denys (1870) die Verwendung von Kupferoxyd in dem mit Diaphragma versehenen Element Zink-

Fig. 3.

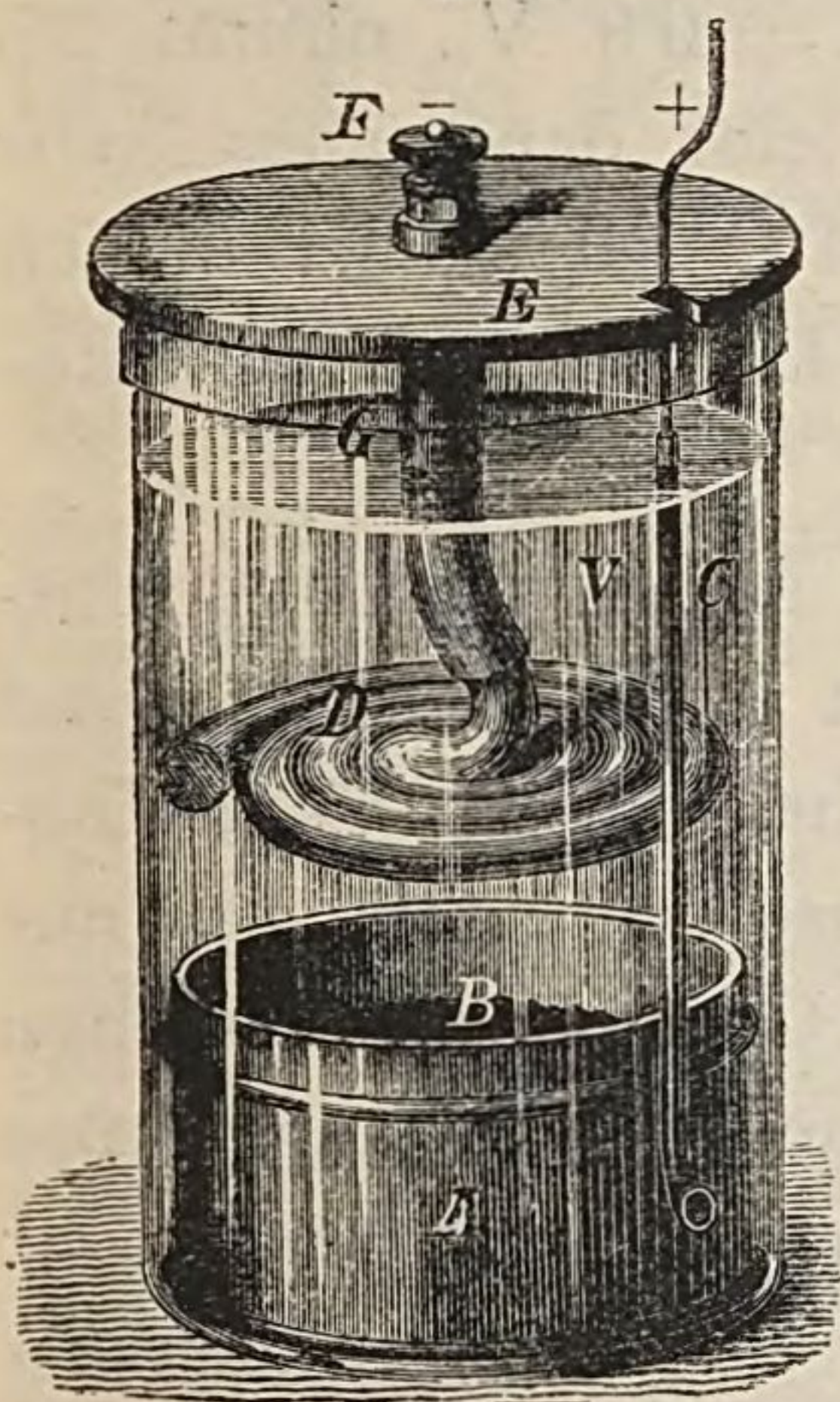
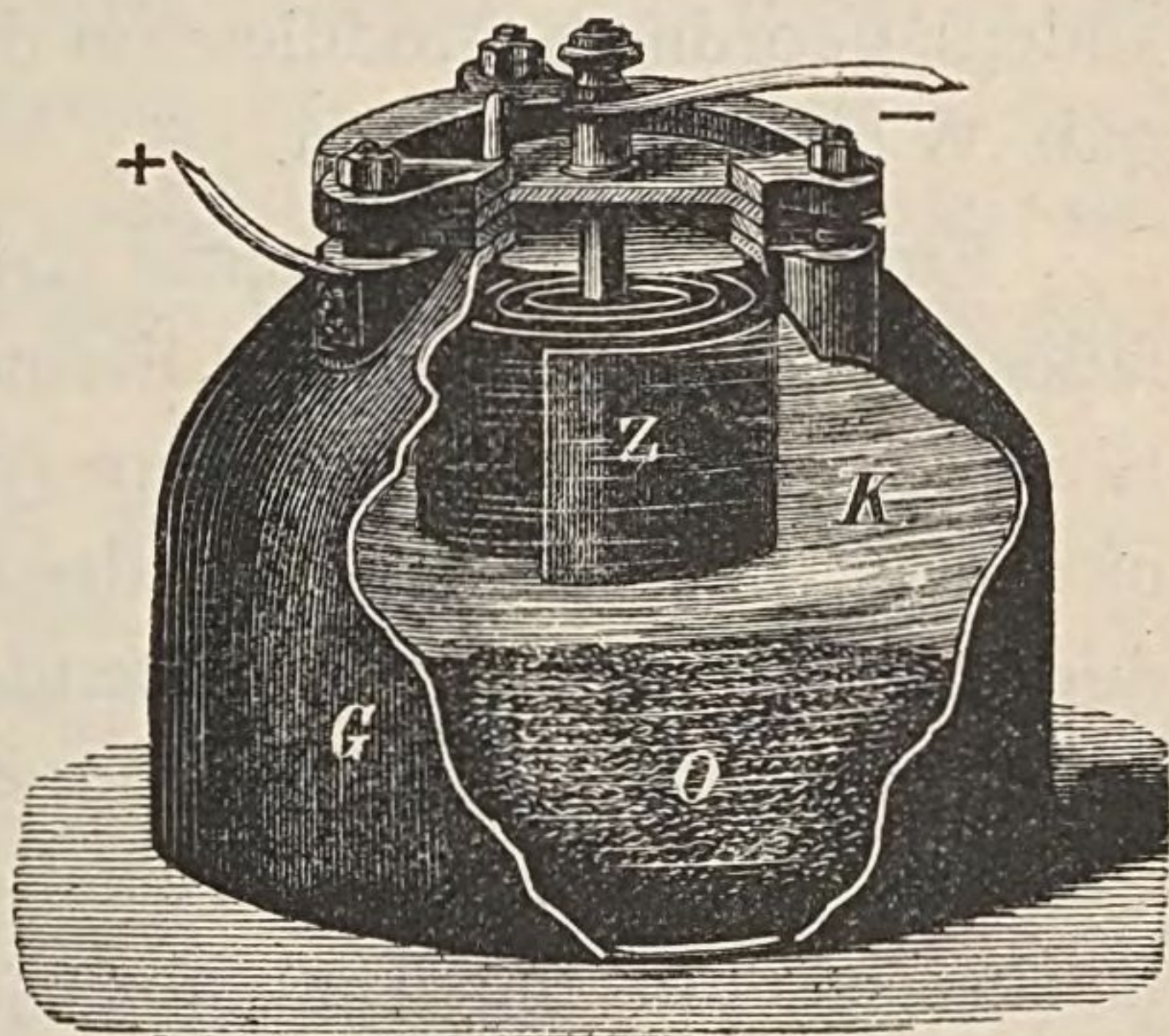


Fig. 4.



Kupfer-Schwefelsäure vor. Aber erst F. de Lalande und G. Chaperon¹⁾ gaben dem Element eine einigermaßen brauchbare Form. Auf dem Boden eines Batterieglasses, das $15\frac{1}{2}$ cm Höhe und $10\frac{1}{2}$ cm Durchmesser besitzt, steht als negative Elektrode ein Eisen-cylinder *A* (siehe Fig. 3), in dem sich Kupferoxyd *B* befindet. Zur Stromableitung ist ein Kupferdraht ange-nietet. Der positive Zinkstab ist zu einer Spirale *D* ge-

¹⁾ Compt. rend. (1883) 97, 164.

rollt, oben (bei G) zum Schutze gegen die Einwirkung des Elektrolyten mit einem Kautschukschlauch überzogen. Als Elektrolyt dient eine 30—40%ige Kalilauge, auf die man zur Absperrung der Luftkohlensäure eine Schicht von schwerem Mineralöl giesst. Natronlauge ist weniger empfehlenswerth, da ihre Salze zu leicht am Glase emporklettern.

Nach d'Arsonval¹⁾ ist $E = 0.9$ V., nimmt bei längerem Gebrauch etwas ab, bleibt dann aber sehr lange constant auf 0.8 V.; $W_i = 0.4$ O. Eine nur räumlich anders geordnete Modification des Lalande-Elementes gab Woodward²⁾ an.

Eine grössere Capacität (540 A.-St. bei 12 A. Entladestromstärke) zeigt das Element in der von Mix und Genest abgeänderten Form (siehe Fig. 4). Vom Ebonitdeckel, der zum Auslass der Gase mit einem sich nur durch Druck von innen öffnenden Gummiventil versehen ist, hängt die Zinkelektrode Z herab, die aus 3 mm starkem, zur Spirale gewickeltem Blech besteht. Der Deckel ist, um die Luft abzusperren, durch Flanschen und Schrauben dicht auf dem gusseisernen, bombenförmigen Gefässe G befestigt, an dessen Boden sich Kupferoxyd O befindet.

Eine ganz ähnliche Construction beschreibt Nebel³⁾. E anfänglich 0.897 V.; fiel bei je 5stündiger Schliessung pro Tag auf 0.5—0.4 V., nach 15 Minuten langer Oeffnung wieder 0.7—0.5 V.

¹⁾ Lum. él. (1883) 9, 533; Wied. Beibl. 8, 44. — ²⁾ A. P. 379551 u. 379552/1887. — ³⁾ Exner's Rep. (1886) 22, 711; s. a. van der Ven, Arch. du Musée Teyler (1885) [2] 2, 97; Wied. Beibl. 10, 116.

Eine grosse Entladestromstärke giebt auch das Trogelement nach F. de Lalande und G. Chaperon, bei dem die Zinkplatte horizontal und parallel zu dem mit Kupferoxyd bedeckten Boden eines flachen viereckigen Kastens aus Eisenblech angebracht ist. Wi sehr klein. Die Kalilauge wird gut und schnell ausgenutzt. Dem an der ganzen Innenseite des Eisengefässes entwickelten Wasserstoff wird viel mehr Kupferoxyd geboten als bei den früheren Constructionen.

Alle diese Elemente zeigen aber den Uebelstand, dass der Contact des pulverförmigen Kupferoxyds mit dem Eisen nicht innig genug ist, und vor Allem auch den, dass das reducirte schwammförmige Kupfer sich nur schwierig durch längere Röstung wieder oxydiren lässt.

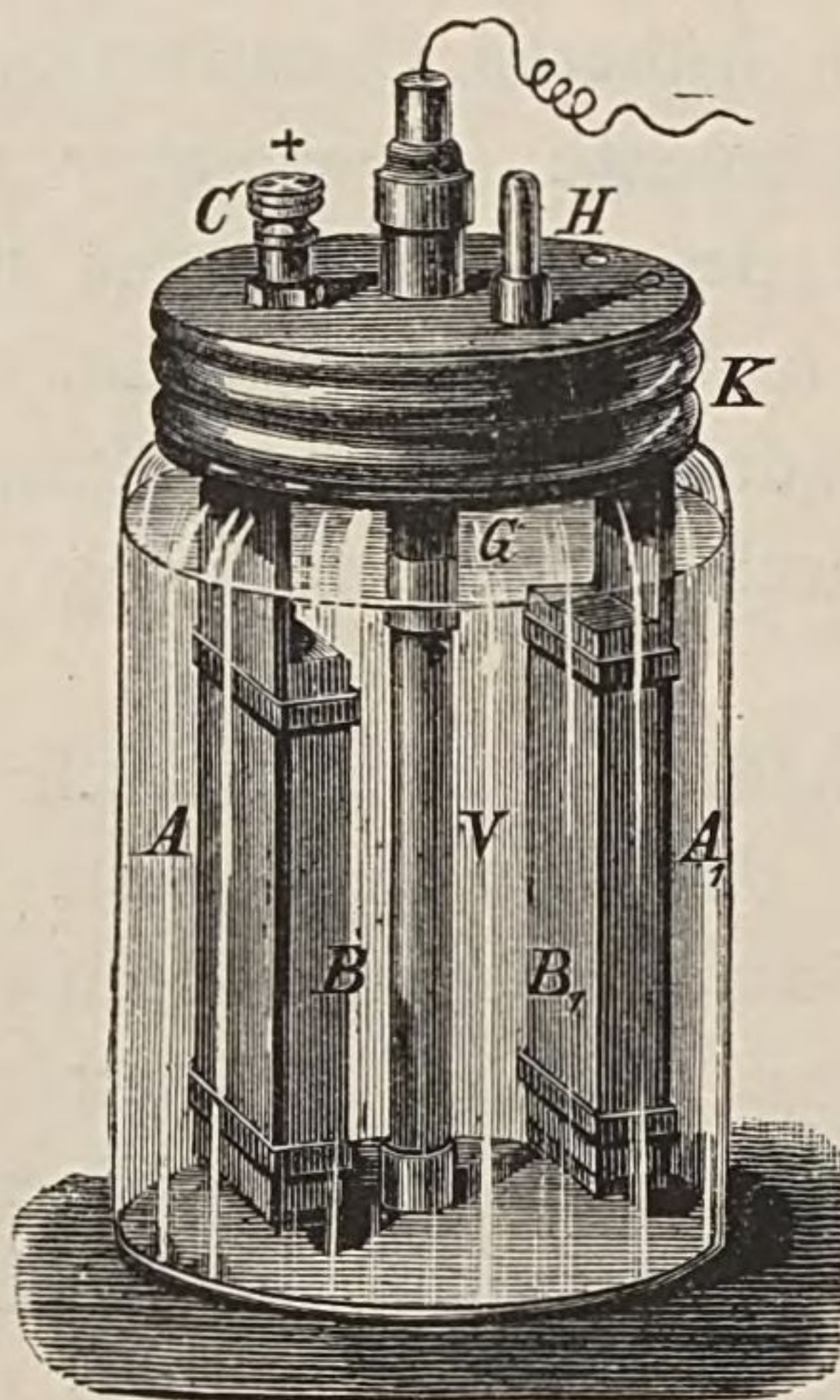
Diese Nachtheile hat man dadurch zu umgehen gesucht, dass man das fein gepulverte Kupferoxyd mit 5—10% Magnesiumchlorid zu Platten formte und diese in eisernen Formen erhitzte. Die Platten *B* (siehe Fig. 5) werden durch Gummibänder an Eisenbleche *A* angepresst. Durch den luftdicht schliessenden Deckel *K* geht der mit einem Kautschukschlauch *G* überzogene Zinkstab *V*. Die Einfüllöffnung *H* wird durch ein einfaches Bunsen'sches Kautschukventil verschlossen. Wegen der geringen Oberfläche der Zinkelektrode wird der innere Widerstand nicht unbeträchtlich sein. Nach einem anderen Vorschlage de Lalande's¹⁾ sollen dauerhafte und poröse Platten dadurch erzielt werden, dass man ein aus feuchtem Kupferhammerschlag und 4—5% Thon oder 6—8% Theer zusammengepresstes Gemenge auf

¹⁾ Compt. rend. (1891) 112, 1243.

600—700 Grad oder zur Rothgluth erhitzt. Edison¹⁾ comprimirt geröstete Kupferdrehspäne durch einen Druck von 300 Atmosphären.

Aber auch diese Platten sind nur schwierig wieder zu laden. Dagegen gelang es E. Böttcher²⁾ 1893 durch Behandlung mit verschiedenen, geheim gehaltenen Chemi-

Fig. 5.



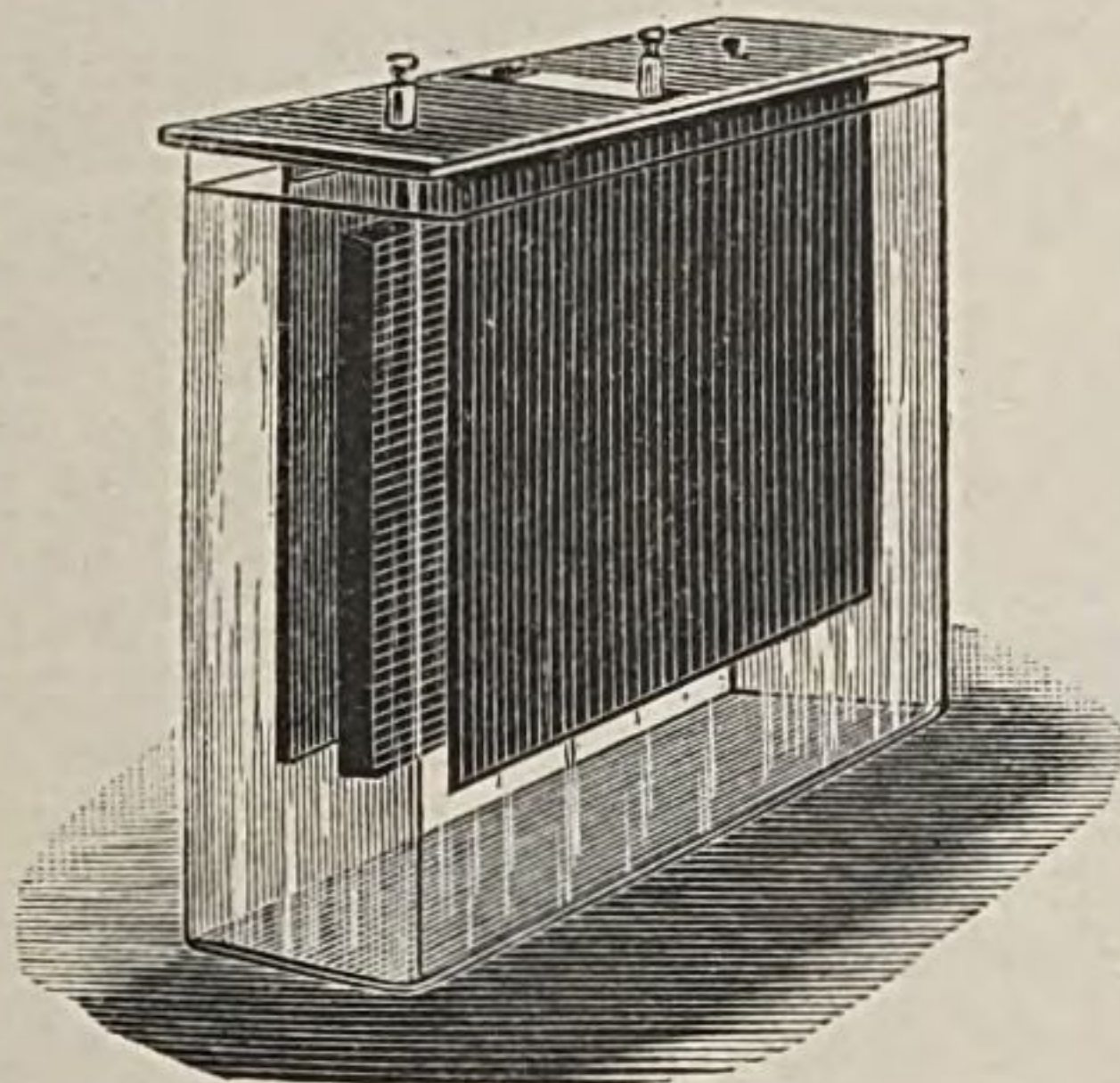
kalien in Eisenblechtöpfen compacte poröse Böden aus Kupferoxyd herzustellen, die nach der Reduction sich leicht durch Aufsaugen des Luftsauerstoffes regeneriren. Das Zink wird amalgamirt und mit elektrolytisch niedergeschlagenem Zink überzogen. Als Elektrolyt dient Natronlauge (250:1000), die mit einer Schicht Paraffinöl

¹⁾ El. Eng. N.-Y. (1890) 9, 15; Elektr. Zeitschr. (890) 11, 377; vgl. El. World (1889) 14, 365, 369. — ²⁾ Elektr. Zeitschr. 1892, 205, 316.

bedeckt wird. $E = 0.85$ V., $W_i = 0.05$ O., Capacität 20 A.-St.

Neuerdings ¹⁾ wird statt des Eisengefäßes ein Glasgefäß angewendet und das Kupferoxyd zu Platten geformt, von denen 2 zwischen 3 gut amalgamirten Zinkplatten aufgehängt werden. Elektrolyt: 120 g Natriumhydroxyd in 1.5 l Wasser. Eine andere Abänderung des Lalande-Elementes gab Rovelli ²⁾ an.

Fig. 6.

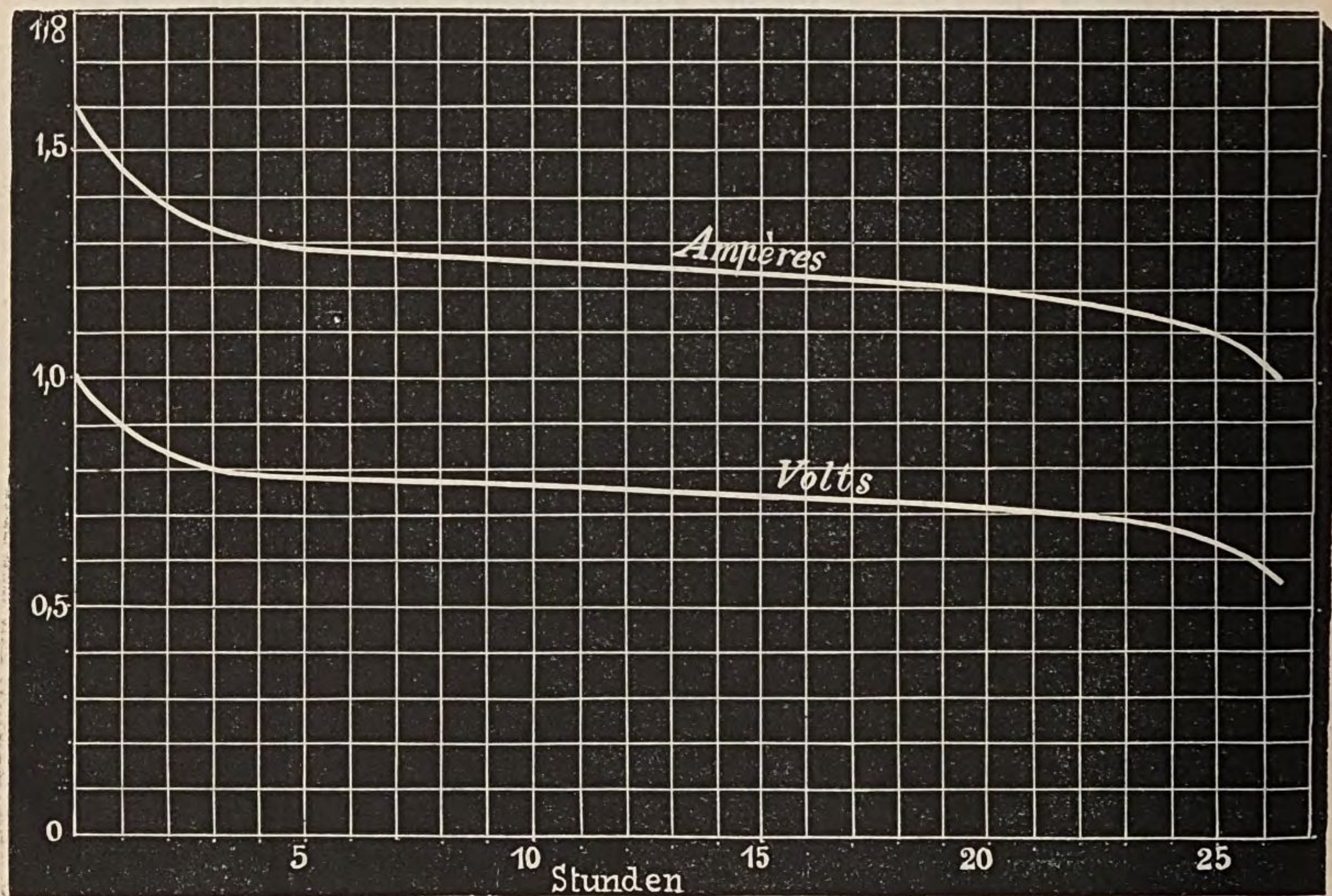


Praktisch recht brauchbare Elemente sind die nach ähnlichem Principe von Umbreit & Matthes construirten »Cupron-Elemente«. In einem viereckigen Glaskasten (siehe Fig. 6), der oben geschliffen und mit einem Hartgummideckel verschlossen ist, befinden sich zwei amalgamirte Zinkplatten und dazwischen die poröse Kupferoxydplatte. Das Gefäß ist mit einer Lösung von 15—18% technisch reinem Aetznatron in weichem Wasser gefüllt. Kalilauge wäre aus den oben (siehe S. 32)

¹⁾ Elektr. Zeitschr. (1893) 14, 636. — ²⁾ Riv. scient. indust. 22, 126; Wied. Beibl. 1891, 44.

angeführten Gründen wohl vorzuziehen. Doch kann man auch die billigere Natronlauge verwenden, wenn man den Rand des Gefäßes und die Durchführungen durch den Hartgummideckel mit Paraffin oder Paraffinöl bestreicht. Die Platten müssen von der Flüssigkeit voll-

Fig. 7.

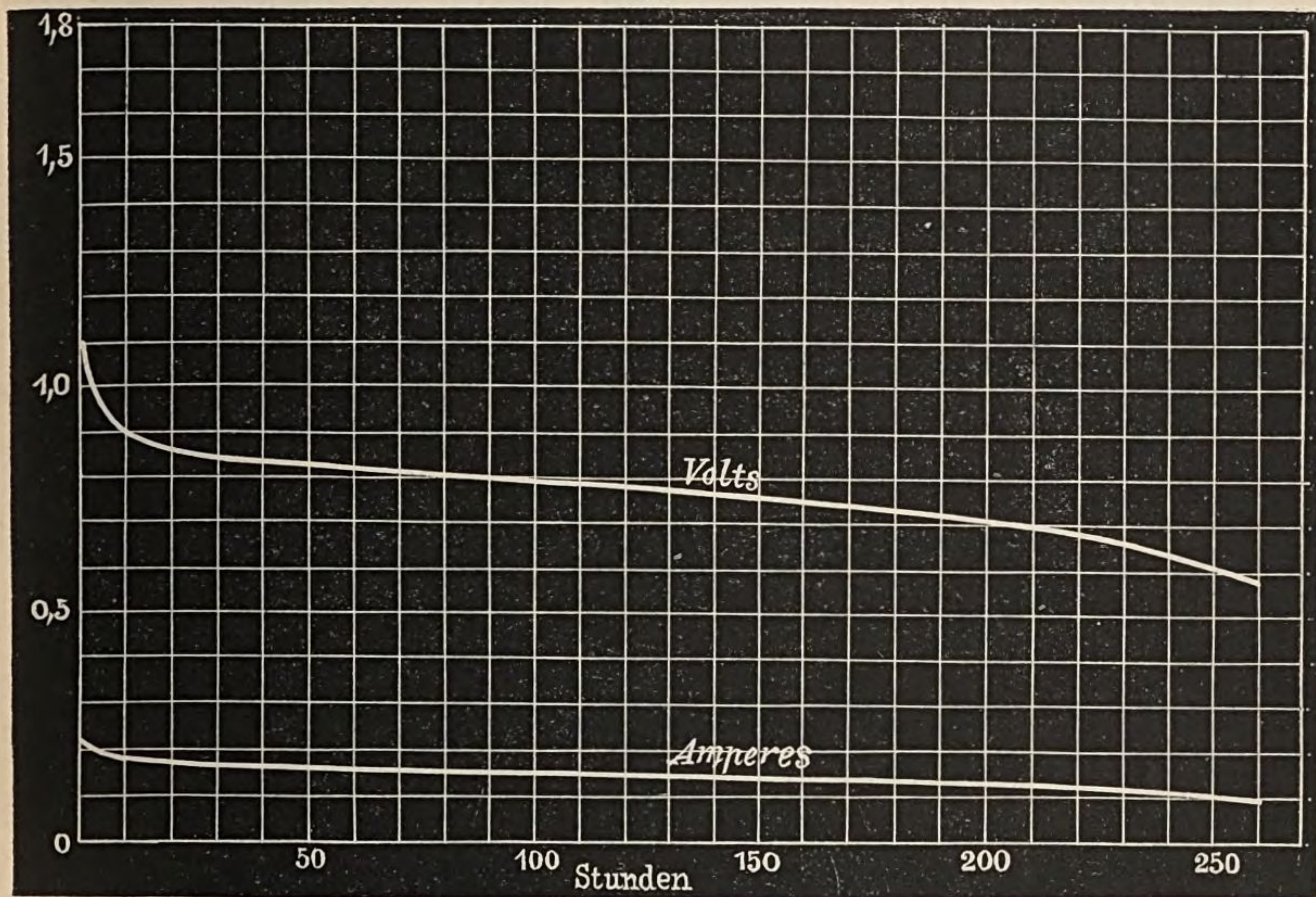


ständig bedeckt sein. Bei längerem Gebrauche muss die Lauge durch eine 2—3 mm hohe Schicht von reinem Paraffinöl vor der Kohlensäure der Luft geschützt werden.

E beträgt anfangs 1.0—1.1 V.; sobald die durch Occlusion von Sauerstoff in der Kupferoxydplatte verursachte Ueberspannung verschwunden ist, 0.85 V. Diese Spannung hält sich, ähnlich wie beim Accumulator, sehr

lange, fällt aber, wenn das Oxyd reducirt und die Natronlauge mit Zinkoxydnatron gesättigt ist, um 30—40⁰/₀. Fig. 7 zeigt die Entladungscurven bei starkem, Fig. 8 bei schwachem Strome.¹⁾ Ist das Element entladen, so werden die Platten herausgenommen, mit Wasser abgespült und 20—24 Stunden an einen warmen Ort

Fig. 8.



gestellt oder 2—3 Stunden auf 60—80 Grad erhitzt. Wenn nöthig, muss natürlich auch der Elektrolyt und das Zink erneuert werden. Zinkverbrauch findet nur während der Stromentnahme statt; er beträgt 1.25 bis 2 g pro A.-St. Von technisch reinem Aetznatron werden pro A.-St. 3 g, von chemisch reinem höchstens 1.5 g verbraucht. Haben die Kupferplatten längere Zeit trocken

¹⁾ Bei neueren, erst bei der letzten Correctur bekannt gewordenen Constructionen sind die Curven noch vorthelhafter.

gelegen, so ist das Element einige Zeit kurz zu schliessen, um vollen Strom zu erhalten.

Umbreit & Matthes bringen 4 Typen Cupron-Elemente mit folgenden Constanten in den Handel:

Type	I.	II.	III.	IV.
Stromabgabennormal in A. . .	1	2	4	8
Stromabgabemaximal in A. .	2	4	8	16
Capacität i. A.-St.	40—50	80—100	160—200	350—400
Innerer Widerstand in O.	0·06	0·03	0·0015	0·00075
Anzahl der »Cupron-Platten« .	1 (120×100)	1 (150×150)	2 (150×150)	2 (200×200)

Eine Abart des Lalande-Elements, bei der das mit Oxyd bedeckte Kupfer und das Zink durch einen als Diaphragma dienenden Kohlencylinder getrennt sind, bringt nach den Vorschlägen Hertel's¹⁾ die Gesellschaft »Herkules« in den Handel. Vorzüge vor dem Cupron-Element scheinen diese »Starkstrom-Elemente« nicht zu besitzen. $W_i = 0·15—0·40$ O. Gordon²⁾ füllt den Raum zwischen den durchlochten Wandungen eines doppelwandigen Hohlcyinders aus Zinkblech, der in einem dicht verschlossenen, mit Natronlauge gefüllten Gefässe hängt, mit granulirtem Kupferoxyd. Das Zink

¹⁾ D. P. 72012; A. P. 519330/1894. — ²⁾ A. P. 536762/1895.

befindet sich im Innenraum. Grezel nimmt zwei gleichartige Elektroden aus Kupfer oder Kohle und umgiebt die negative mit Kupferoxyd, die davon durch ein Diaphragma getrennte positive mit angesäuertem Wasser. Um die negative hat er auch gelöschten Kalk geschichtet. Einen kleinen inneren Widerstand will v. Alten¹⁾ durch Anwendung einer Lösung von Seesalz, Alkalihypochlorit und -Carbonat als Elektrolyten und durch geringen Abstand der Elektroden erzielen; diese bestehen einerseits aus Zink, andererseits aus einem in Kupfergaze eingeschlossenen Gemenge von Kupferoxyd und Kohle. Bei der Abänderung des Lalande-Elements von Roberts²⁾ ist als Depolarisator eine Mischung aus Kupferoxyd, -Hydroxyd und -Carbonat, als Erreger eine chlorhaltige Flüssigkeit angewendet. Die Bildung von Carbonaten in den Alkalilaugen hindert Stchetline³⁾ durch einen Wasserverschluss.

Sehr poröse Kupferoxyd-Elektroden stellt Heil⁴⁾ folgendermaassen her: Ein mit Kupfer legirtes Silberblech wird durch wiederholtes Auftragen von Schwefel und Erhitzen bis zum Schmelzen des letzteren ganz oder theilweise in die Sulfide übergeführt. Diese werden in Stab-, Cylinder- oder Plattenform gegossen und, nachdem zur Stromzuleitung an einem Ende ein glühender Silberdraht oder -Streifen, oder auch ein mit Silber überzogener Kupferdraht eingeschmolzen ist, in Ammoniumchloridlösung mit einer amalgamirten Zinkplatte unter Zwischenschaltung eines entsprechenden Widerstandes so lange verbunden, bis die Stromentwicklung nahezu

¹⁾ D. P. 55781. — ²⁾ A. P. 386149. — ³⁾ Rev. intern. de l'él. (1888) 7, 277.
— ⁴⁾ D. P. 82013.

aufhört. Die reducirten, sehr porösen Metalle werden nun gewaschen und getrocknet, wobei sich das Kupfer oxydirt. Ein Element, das aus solcher Elektrode und Zink in Ammoniumchloridlösung besteht, soll $E = 1.3 \text{ V.}$ zeigen und auch als Secundär-Element zu empfehlen sein.

Quecksilberoxyd gebraucht Gouy in seinem Normal-Elemente (siehe später) und Aron¹⁾ als Depolarisator. Scrivanow kocht es mit Ammoniumchloridlösung, schmilzt es mit etwas Quecksilberchlorid zusammen, bringt eine Paste aus diesem Gemenge und Zinkchloridlösung auf Kohle, und legt Löschpapier und Zink darüber. $E = 1.6 \text{ V.}$

Bleioxyd, mit dem eine Bleiplatte bedeckt ist, Zink und Ammoniumchloridlösung verwenden Eldridge und Morgan (1881). Gaiffe hat schon früher (1872) Mennige statt Bleioxyd benutzt und $E = 0.5 - 0.6 \text{ V.}$ erhalten. Bleiglätte oder Mennige gebraucht auch Baron²⁾ als Depolarisator. Die nicht minder für Secundär-Elemente verwendbare Elektrode Girard's³⁾ besteht aus 75 Theilen Bleiglätte, 15 Theilen Kohle und 10 Theilen Theer.

Aus Antimonoxyd und Kohle bildet Caball⁴⁾ die positive Elektrode.

Mit Eisenoxyd, das durch Fällung erhalten ist und mit Koks vermischt wird, umgiebt Clamond die Kohlenelektrode und trennt davon durch einen Thon-

¹⁾ Centralbl. El. (1884) 9, 54. — ²⁾ Tel. J. a. El. Rev. (1890) 26, 208; Elektr. Zeitschr. (1890) 11, 198. — ³⁾ El. World (1892) 20, 342. — ⁴⁾ A. P. 489522.

cylinder das in Ammoniumchloridlösung stehende Zink. Brémont ersetzt letzteres durch ein Eisendrahtgewebe, lässt das Diaphragma weg und nimmt als Elektrolyten Schwefelwasserstoff enthaltende Flüssigkeiten.

Bleisuperoxyd als Depolarisator empfahl, ebenso wie Mangansuperoxyd, Wheatstone (1843). In demselben Jahre stellte de la Rive¹⁾ mit seiner Verwendung eine Kette her, indem er Bleisuperoxyd um Platin in einem Thoncylinder feststampfte und als Lösungselektrode amalgamirtes Zink in verdünnter Schwefelsäure verwandte. Nach Untersuchungen von Beetz²⁾ ist $E = 2.4$ V., nach $\frac{1}{2}$ Stunde Stromschluss durch 500 Q.-E. 2.25 V., nach 10 Minuten Kurzschluss 1.54 V., nach $\frac{1}{2}$ Stunde 1.40 V., nach 5 Minuten langem Oeffnen wieder 2.16 V.; beim Gebrauch von Eisen statt Zink 1.73 V. Durch das entstehende Bleisulfat wird aber der innere Widerstand des Elements, der an und für sich nicht klein ist, bald so bedeutend, dass es unbrauchbar wird. Vermindern will Ossipowitsch den inneren Widerstand durch Mengen des Bleisuperoxyds mit Graphit. Er soll dann 1.25 O., $E = 1.35 - 1.8$ V. sein. Tatlow³⁾ bedeckt eine Bleiplatte mit Superoxyd, das durch Einwirkung von Chlorkalkwasser auf Bleiglätte oder Mennige erhalten ist. Laurent, Cély und Finot⁴⁾ pressen in die Löcher eines Bleirahmens oder einer Platte Bleisuperoxyd unter einem Drucke von etwa 150 kg pro Quadratcentimeter ein. Um es besser zu-

¹⁾ Arch. de l'Électr. (1843) 3, 112. — ²⁾ Münch. Akad. Ber., phys. Cl. 1873, 89; Pogg. Ann. (1873) 150, 535. — ³⁾ El. Eng. N.-Y. (1890) 9, 352. — ⁴⁾ E. P. 4190/1892.

sammen zu halten, können ihm 4⁰/₀ mit Schwefelsäure oder concentrirter Natrium- oder Magnesiumsulfatlösung gemischte Bleiglätte zugefügt werden. Oster¹⁾ rollt eine mit dem Superoxyd bedeckte Bleiplatte unter Zwischenfügen eines Flanelllappens zu einer Spirale zusammen. E. O. Keenan verwendet Kohle, die mit Bleisuperoxyd umkleidet ist, und Zink in verdünnter Schwefelsäure. $E = 2.2 \text{ V.}$ Leitner²⁾ presst innen an einen von Celluloid umgebenen Kohlencylinder ein Gemenge von Bleisuperoxyd und Kohlenstaub an. In der Mitte dieses Gefäßes befindet sich über einem Kautschukern eine mit chemisch reinem Zink bedeckte Bleiröhre. Der Elektrolyt ist verdünnte Schwefelsäure. Die Kette kann auch als Trockenelement und als Akkumulator gebraucht werden. D. Tommasi und Radiguet³⁾ bringen auf den Boden eines rechteckigen Porzellangefäßes eine mit einer Paste von Bleisuperoxyd umgebene Kohlenplatte, darüber ein Blatt Pergamentpapier und darauf eine andere Kohlenplatte, die mit Stücken Retortenkohle bedeckt ist. Das Gefäß wird mit Natriumchloridlösung gefüllt. Bei einer anderen Construction⁴⁾ umhüllen sie einen mit Bleisuperoxyd bekleideten Kohlenstab mit einem Leinwandsäckchen, stellen ihn in einen durchlöcherten Kohlencylinder und füllen den Zwischenraum zwischen diesem und dem Glasgefäß mit Stücken Retortenkohle. Bis zur Hälfte ist das Gefäß mit concentrirter Natriumchloridlösung gefüllt. Um das Verdunsten des Wassers zu hindern, giebt man Calciumchlorid in die Lösung und bedeckt damit auch die

¹⁾ Chem. Centralbl. (1881) 12, 127. — ²⁾ E. P. 18038/1895. — ³⁾ Compt. rend. (1884) 99, 129. — ⁴⁾ Cosmos (1885) 9, 236.

Kohlenstücke. $E = 0.6-0.7$ V. Die Kette polarisirt sich bei andauerndem Gebrauche schnell, gestattet aber lange intermittirende Benutzung. Roberts verwendet gleichfalls Natriumchloridlösung als Elektrolyten. In dieser löst sich Bleichlorid auf und würde dann bei Stromschluss sich auf dem Zink niederschlagen, wodurch das Element unbrauchbar gemacht werden würde. Um dieses zu verhindern, wird dem Elektrolyten zur Bildung von unlöslichem Bleichromat etwas Natriumbichromat zugesetzt. $E = 1.80$ V., W_i sehr gross.

Kali- oder Natronlauge verwendet Sc r i v a n o w ¹⁾ als Elektrolyten. Die Anode besteht aus Blei, Kohle oder einem ähnlichen Materiale, das mit Bleisuperoxyd oder Mennige bedeckt ist und von Pergamentpapier umhüllt wird. Aehnlich packt N e w t o n ²⁾ in das Bleisuperoxyd eine Eisen- oder Kupferplatte ein. $E = 0.75$ bis 0.69 V. bei 3.45 A., nach 165 Stunden $= 0.59$ V. bei 1.99 A. $W_i = 0.87$, nach 103 Stunden $= 0.133$ O.

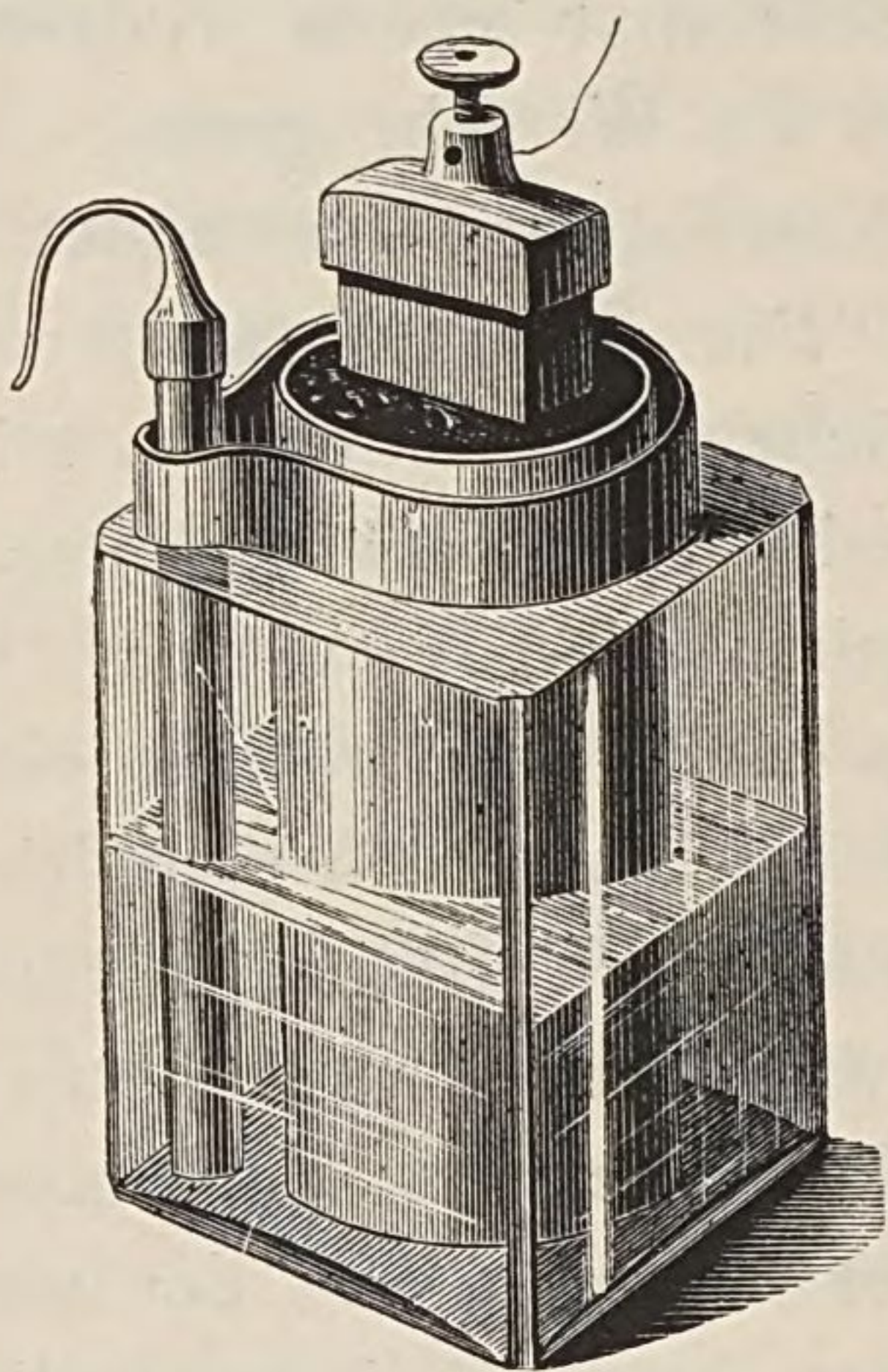
Zur Herstellung des Bleisuperoxyds macht man ein Gemenge von Mennige und Kaliumpermanganat mit Salzsäure zu einer Paste an, mit der man in einer Form die Kohle umgiesst, worauf bei gewöhnlicher Temperatur getrocknet wird. Besser erzeugt man das Bleisuperoxyd erst durch den Strom selbst, ³⁾ ähnlich wie bei den Akkumulatoren. Eine aus so hergestellten Platten aufgebaute Säule beschreibt D o n a t i ⁴⁾. Für die »Lithanod-Elemente« ⁵⁾ werden Platten von 80×90 bis 100×190 cm Oberfläche und $3.2-4.8$ cm Dicke aus Blei-

¹⁾ E. P. 15063/1887. — ²⁾ Electrician London (1887) 19, 126. — ³⁾ Elektr. Zeitschr. (1886) 7, 346. — ⁴⁾ Mem. di Bologna [4] 8, 357; Wied. Ann. Beibl. 13, 169. — ⁵⁾ Electrician 27, 691.

glätte, die mit Ammoniumsulfatlösung angerührt ist, gepresst und in Magnesiumsulfatlösung durch einen schwachen Strom formirt. E gegen Zink in verdünnter Schwefelsäure anfangs $= 2.5$ V.

Mangansuperoxyd hat nach dem Vorgange G. L e-
c l a n c h é's¹⁾ als Depolarisationsmittel grosse Verbreitung

Fig. 9.



gefunden. Am besten verwendet man den seidenartigen, graphitglänzenden Pyrolusit von nadelartigem Gefüge, der von aller Gangart befreit ist. Um die Leitfähigkeit zu erhöhen, wird er grob gepulvert und mit grobem Pulver von Retortengraphit gemengt.²⁾ Dieses Gemisch

¹⁾ Mondes (1868) 16, 532; Dingl. (1867) 186, 270; (1868) 188, 96. — ²⁾ Nach den Untersuchungen von Beetz (Münch. Akad.-Ber., math.-phys. Cl. 1873, 89; Pogg. Ann. (1873) 150, 535, sind die Elemente mit grober Kohle und feinem Brauneissteinpulver empfehlenswerth.

wird um eine Retorten-Kohlenplatte, die eine Bleikappe mit Klemme trägt (siehe Fig. 9) gepresst und befindet sich in einer Thonzelle. Oben ist es, um das Herausfallen zu verhindern, mit Theerpech vergossen, bis auf zwei kleine Oeffnungen, die der Luft und den Gasen den Austritt gestatten. Als negative Elektrode dient ein mit Klemmschraube versehener, höchstens 12·5 mm starker amalgamirter Zinkstab, der sich in eine Ausbuchtung des runden Halses des sonst viereckigen Glasgefässes einschmiegt. Der Hals ist so eng, dass die Thonzelle gerade hineinpasst, wodurch die Verdunstung der Flüssigkeit möglichst verhindert wird. Glasgefäss und Thoncylinder enthalten bis zu halber Höhe als Elektrolyten eine gesättigte Lösung von reinem Salmiak.

Der Ersatz des Pulvers durch feste Cylinder,¹⁾ die aus 40 Th. Pyrolusit, 55 Th. Kohle, 5 Th. Schellack und 3—4 Th. Kaliumbisulfat bei 100 Grad durch 300 Atmosphären Druck in Stahlformen zusammengepresst waren, bewährte sich schon wegen des grossen inneren Widerstandes nicht. Dieser kann beliebig verringert werden, wenn man eine oder mehrere Platten anwendet, die aus obigem Gemisch gepresst sind und durch Gummiringe an der Kohlenelektrode festgehalten werden²⁾ (siehe Fig. 10).

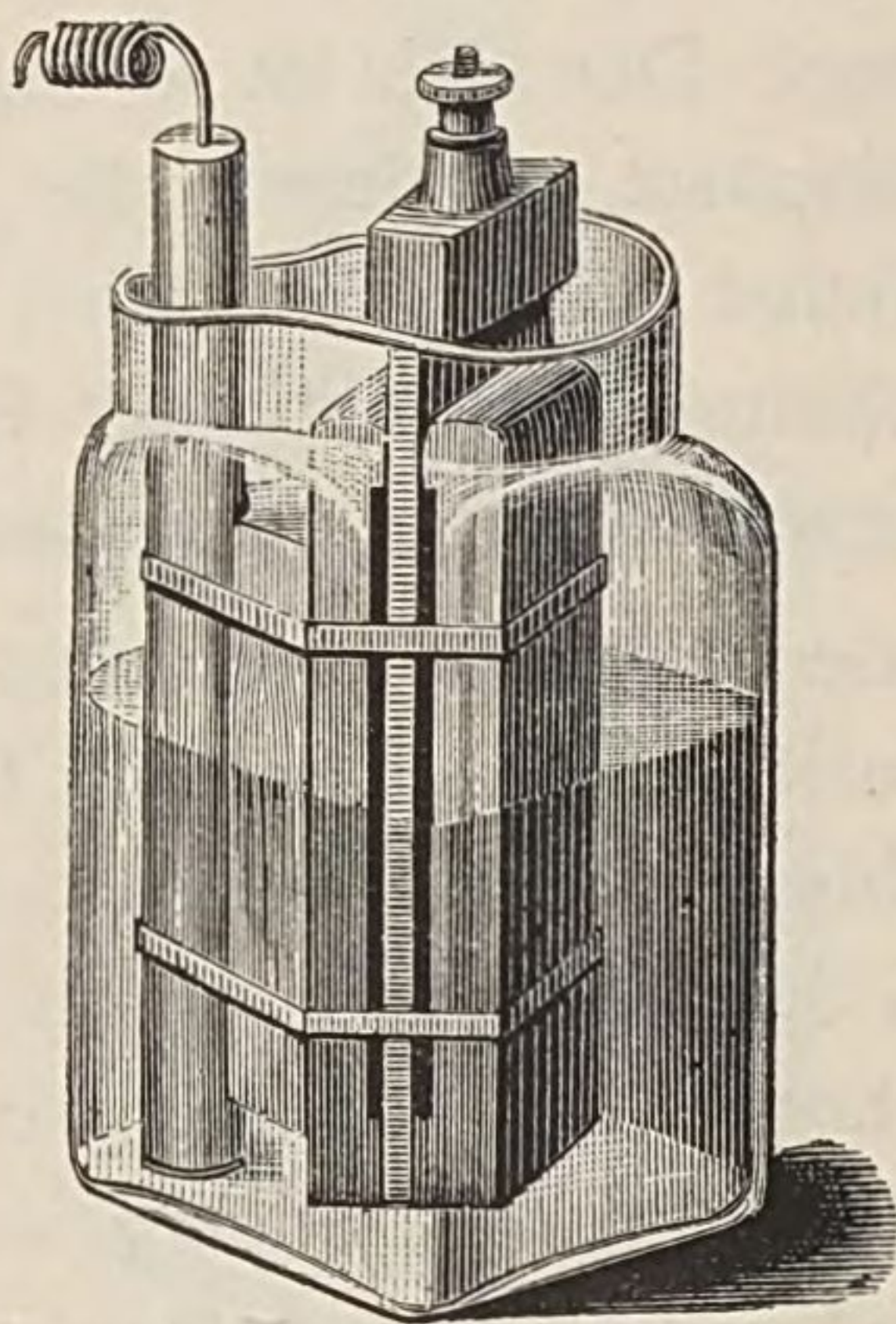
Leclanché und Barbier³⁾ und ferner Berliner⁴⁾ haben aus einem dem obigen ähnlichen Gemisch hohle Cylinder hergestellt, die den Zinkstab aufnehmen. Ausser

¹⁾ Compt. rend. (1876) 83, 54; vgl. a. Bender u. Franken, Lum. él. (1885) 27, 247. — ²⁾ Compt. rend. (1878) 87, 329. — ³⁾ Electrician, London (1892) 30, 29, 75. — ⁴⁾ Centralbl. El. (1888) 10, 155.

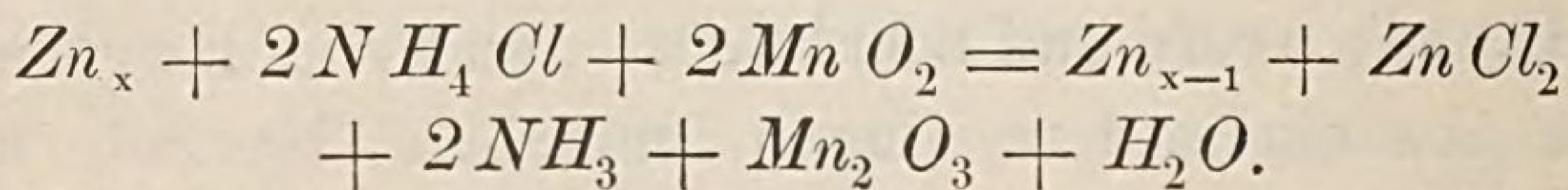
diesem ist manchmal noch ein Zinkcylinder, der die Kohle umgiebt, angewendet worden.

$E = 1.3 - 1.8$ V., bei Ersatz der Salmiaklösung durch verdünnte Schwefelsäure 2.2 V.¹⁾ $W_i = 0.4 - 2.0$ O.; er steigt von 2.3 auf 4.22 Einheiten, wenn die Temperatur von $+10$ Grad auf -18 Grad herabgeht. Das Element ist sehr constant, wenn ihm nicht zu dichte Ströme ent-

Fig. 10.



nommen werden. Bei Stromschluss findet in der Zelle folgender chemischer Vorgang statt:



Das Ammoniak verbindet sich zum grössten Theil mit dem Zinkchlorid.

¹⁾ Böttcher, Centralbl. El. (1885) 7, 51.

Deshalb scheiden sich bei längerer Thätigkeit des Elementes, wodurch der Elektrolyt mit dem Zinkchlorid-Ammoniak angereichert wird, glasglänzende Krystalle dieser Verbindung auf den Zinkstäben und den Diaphragmen ab und erhöhen den inneren Widerstand bedeutend. Die Abscheidung der Krystalle wird nach Müller¹⁾ vermieden, wenn man dafür sorgt, dass stets eine gesättigte Salmiaklösung vorhanden ist, da sie in dieser löslich sind. Auch Zusatz von verdünnter Salzsäure wirkt nach Priwoznik²⁾ in diesem Sinne, weil dadurch die Doppelverbindung gespalten wird. Brauchbar ist auch Zinkchlorid. Ein Gemenge von diesem mit Salmiak wird als »Elektrogen Traub« von Pertsch und Waagenmann zur Füllung von Leclanché-Elementen in den Handel gebracht. Der Gebrauch des »Elektrogens« soll ausserdem die Vortheile bieten, dass der Zinkstab bis zu 85⁰/₀, ohne zu brechen, regelmässig abgenutzt wird, dass das Reinigen einfacher, der Widerstand constanter und die Stromstärke grösser wird. In Uebereinstimmung mit diesen Angaben fand Ferrini³⁾, dass die Zinkstäbe durch Elektrogen nicht so stark angegriffen werden wie durch Ammoniumchlorid allein, und dass E sich in den mit Elektrogen angesetzten Elementen um ein Drittel höher hält als in den gewöhnlichen. Auch das Erreger-salz von F. Marx⁴⁾ soll die Krystallbildung hindern, selbst bei grosser Kälte nicht krystallisiren und bei offenem Stromkreise kein Zink verbrauchen.

¹⁾ Elektr. Zeitschr. (1889) 10, 294. — ²⁾ Pogg. Ann. (1871) 142, 467. —

³⁾ El. Anz. 1893, 1404. — ⁴⁾ El. Anz. 1892, 1182.

Die Verdunstung der Flüssigkeit will Dietrich¹⁾ durch Glycerin, Grünwald²⁾ durch Oel, T. Fischer³⁾ durch Paraffinöl verhüten. Nach Herkt⁴⁾ erhöht der Glycerinzusatz Wi um durchschnittlich 6⁰/₀. Nach Kurzschluss soll sich ein Element mit amalgamirtem Zink und Glycerin im Elektrolyten schneller als jedes andere erholen. Das durch die Verdunstung eintretende Emporklettern der Krystalle an und über den Rand des Batterieglases vermeidet Gérard⁵⁾ durch Bestreichen der Ränder mit Vaseline. Delany⁶⁾ klebt an die Innenseite des Gefässrandes einen Streifen Gummituch. Keating⁷⁾ füllt einen oben rings um das Glas laufenden Behälter mit Oel.

Das Mangansuperoxyd liefert nach Obach⁸⁾ nur etwa die Hälfte des zur Oxydation des Wasserstoffes nöthigen Sauerstoffes. Die andere Hälfte stammt jedenfalls aus der Luft, aus der sie von dem Elektrolyten während der Ruhepausen entnommen wird. Bei starker Beanspruchung des Elementes kann auch Wasserstoff unoxydirt entweichen.

Allmählich wird das Zink, auch wenn es amalgamirt ist, an der Oberfläche der Salmiaklösung stark angegriffen, jedenfalls in Folge von Oxydation durch den Luft-Sauerstoff. Der Zinkstab erhält die Gestalt eines aufrecht stehenden Kegels. Es bildet sich nämlich jedenfalls eine Concentrationskette, in der Zink in Salmiaklösung positiv ist gegen Zink in Zinkchloridlösung, die sich am Boden des Batterieglases ansammelt. Ein Mittel, das diese

¹⁾ Zeitschr. Elektr. (1895) 19, 363, 386. — ²⁾ El. Anz. 1895. — ³⁾ Zeitschr. El. (1895) 19, 542. — ⁴⁾ Elektr. Zeitschr. (1895) 16, 736. — ⁵⁾ Bull. soc. belg. d'él. 1890, 93. — ⁶⁾ El. Eng. N.-Y. (1890) 10, 569. — ⁷⁾ A. P. 474912. — ⁸⁾ El. Rev. 15. Mai 1891.

unregelmässige Abnutzung verhüten soll, ist auf S. 47 erwähnt.

Abänderungen des Leclanché-Elementes. Das »Dauermikrophonelement« von Eglinger¹⁾ ist ein gewöhnliches Leclanché. Die Law Battery Company²⁾ versieht den hohlen Kohlencylinder, der Braunstein enthält, mit abschraubbarem Deckel. Eine unter diesen gelegte isolirte Scheibe trägt den Zinkstab. Einen Kohlen-Hohlcyylinder von ovalem Querschnitte und sehr grosser Oberfläche besitzt das Element der Knapp Electric Works³⁾. Aus vielen Stäben bildet Stoecker⁴⁾ den Kohlencylinder; er füllt den Mittelraum mit Kohlen- und Braunsteinstücken aus und lässt einen längeren Kohlenstab, der oben mit Draht umwunden ist, in der Verlängerung der Achse hinausragen. Eine Kohlenelektrode, die aus zahlreichen Fasern gebildet ist, beschreibt Barnett⁵⁾. Burnley (beziehungsweise die Firma Burnell & Co.)⁶⁾ trägt in drei Längsrinnen der Kohlenelektrode Braunstein ein, der durch poröse Substanz festgehalten wird, und setzt in die vierte Rinne isolirt den Zinkstab ein. Der Braunstein kommt mit dem Elektrolyten und oben mit Luft in Berührung. Die grosse Kohlenelektrode Macmiltan's⁷⁾ hat Schlitzten, in die Platten aus dem Depolarisationsmateriale eingeschoben werden. Der Raum zwischen ihr und der sie umgebenden porösen Zelle aus besonders präparirtem steifen Papier ist von Kohlenstücken erfüllt. Mit Längscanälen versieht Samson⁸⁾ den weiten Kohlen-

¹⁾ Elektr. Zeitschr. (1893) 14, 277. — ²⁾ Western El. (1893) 13, 68. — ³⁾ El. World (1889) 13, 375. — ⁴⁾ A. P. 449299. — ⁵⁾ E. P. 17099/1892. — ⁶⁾ Telegr. J. a. El. Rev. (1890) 15, 10. — ⁷⁾ A. P. 454057. — ⁸⁾ El. World (1888) 11, 307.

cylinder. Rawlin¹⁾ hängt die Kohle drehbar so auf, dass immer nur ein Theil aus der Flüssigkeit herausragt. Clark²⁾ befestigt an einem Bleiknopfe die hohle Kohlenelektrode und die in ihr hängende, mit paraffinirtem Holzknopfe versehene Zinkelektrode. Den inneren Widerstand wollen Schäfer und Montanus³⁾ dadurch auf 0.17—0.07 O. herabdrücken, dass sie zwischen zwei hohe, an einer Langseite zusammenhängende, nahe bei einander stehende Kohle-Braunstein-Platten die Zinkplatte bringen. Brewer⁴⁾ befestigt mehrere durchlöchernte Kohlenscheiben, deren Oeffnungen mit Depolarisationsmasse gefüllt sind, horizontal an einem engen Kohlencylinder. Bei Mason⁵⁾ trägt der mit radialen, nach unten und nach den Seiten gerichteten Armen versehene Kohlenstab ein kleines Gefäss mit porösem Boden, auf dem das Zink steht.

In ein rundes, poröses, durchlöcherntes Gefäss mit concavem Boden füllt Hirliman⁶⁾ den Braunstein ein. Hayden⁷⁾ verschliesst die als Kathodenraum dienende poröse Zelle durch einen Stöpsel und verschraubt sie dadurch gleichzeitig mit dem Deckel des Anoden- und Flüssigkeitsbehälters.

In den Einsprünge eines Zinkkreuzes hängt die Hewett Voltaic Electric Co.⁸⁾ vier flache Kohlenstücke auf. Auch Wheelock⁹⁾ verwendet eine grossflächige Zinkelektrode. Die Kohle ist **L**-förmig.

Nash¹⁰⁾ umgiebt die Kohlenelektrode nur mit Kohlenbrocken ohne Zusatz von Braunstein. Robinson¹¹⁾,

¹⁾ E. P. 17246/1892. — ²⁾ A. P. 476733/1888. — ³⁾ Elektrot. Zeitschr. 1890 137. — ⁴⁾ A. P. 391505. — ⁵⁾ A. P. 501151. — ⁶⁾ A. P. 448798. — ⁷⁾ A. P. 528669/1894. — ⁸⁾ El. World (1893) 22, 16. — ⁹⁾ A. P. 506353. — ¹⁰⁾ Electrician, London (1891) 26, 718. — ¹¹⁾ A. P. 459447/1890.

der ebenso verfährt, bildet die Elektrode aus hoch poröser Pflanzenkohle in vielen einzelnen cylindrischen Stücken oder in der Form einer ebenen Spirale.

Die Western Electric Co.¹⁾ lässt die poröse Zelle nicht bis zum Boden des runden Gefässes reichen.

Ty e r verwendet an Stelle des Thoncylinders eine siebartig durchlöchernte Porzellanplatte. M a r c u s will in seinem Permanenzelement durch Gebrauch einer sternförmigen, von einem besonders präparirten Korbgeflecht umgebenen Zinkelektrode und durch Zusatz von Natriumbisulfat zum Braunstein-Kohle-Gemisch den inneren Widerstand möglichst klein machen und durch grössere Ausdehnung der Kohlenelektrode die Polarisation befördern. Das erstere erreicht er auch, wenn er²⁾ den Kohlenhohlcylinder zwischen zwei poröse Zellen stellt und sowohl in die innere wie um die äussere das Zink bringt. Zink und Kohle haben Rippen oder Vorsprünge, die bis an die Wandungen der Zellen reichen. C l a r k und M u i r h e a d³⁾ bringen einen Zinkcylinder in die durchlöchernte poröse Zelle und füllen das depolarisirende Gemisch, das zuweilen platinirt wird, aussen herum. Nach 10 Minuten langem Stromschluss durch 100 Einheiten soll die elektromotorische Kraft nur um 2% (gegen 10% beim Leclanché-Element) abgenommen haben und dann constant bleiben. M c. L a u g h l i n⁴⁾ trennt bei derselben Anordnung den Braunstein von dem Diaphragma durch ein zweites durchlöcherntes. J e s s⁵⁾ hängt dicht unter dem Braunstein-Kohlecylinder, durch eine poröse Scheibe davon getrennt, einen Trog aus Zink

¹⁾ Tel. J. a. El. Rev. (1890) 16, 7. — ²⁾ D. P. 61988. — ³⁾ Tel. J. 4, 244. — ⁴⁾ A. P. 375561. — ⁵⁾ D. P. 55351.

auf, in dem sich Salmiakkrystalle befinden. Walter und Marsh¹⁾ verwenden einen glasirten, durchlöcherten Thoncylinder. Dadurch wird der innere Widerstand unnöthig erhöht. Leiter presst das depolarisirende Gemisch in einen am unteren Ende durchlöcherten Hartgummicylinder. E. A. Wildt stellt in das Elementgefäß eine durchlöchernte Glasglocke. Burnley²⁾, Levsen³⁾ Burkhardt und Richter⁴⁾, sowie Schuch und Wiegel⁵⁾ ziehen dem Thoncylinder einen Beutel vor, da dieser stets porös bleibt.

F. Binder⁶⁾ schnürt das Batterieglas etwas unter der Mitte ein und setzt auf diesen Rand den Zinkcylinder, während der untere Theil des Gefäßes das Pyrolusit-Kohlengemisch aufnimmt. Beetz⁷⁾ hat eine Leclanché-Batterie unter Verwendung von Reagirgläsern zusammengestellt.

Durch Zusatz von 10% Essigsäure und 1% Holzessig zum Elektrolyten will Grüninger⁸⁾, durch den von Zucker (?) Nöllner⁹⁾ die Bildung von Ammoniumzinkchlorid-Krystallen hindern. Gaiffe ersetzt den Salmiak durch Zinkchlorid (vgl. dazu »Elektrogen«, S. 47). Die Kohle hat Cylinderform und besitzt vier zur Hauptachse parallele Bohrungen, in die abwechselnde Lagen von Braunstein und Kohle gepresst werden. $E = 1.3 \text{ V}$.

Gemenge von Zink- mit Ammonium- und Natriumchlorid, welche die Bildung von schwer löslichem Zinkoxychlorid hindern sollen, sind mehrfach angewendet

¹⁾ A. P. 378122. — ²⁾ A. P. 397965. — ³⁾ E. P. 7383/1890. — ⁴⁾ Elektrotechniker (1892) 10, 541. — ⁵⁾ El. Anz. 1893, 730. — ⁶⁾ D. elektr. Telegr. — ⁷⁾ D. Arch. f. klin. Med. (1872) 10, 119. — ⁸⁾ El. World (1893) 22, 381. — ⁹⁾ Zeitschr. El. 1893, 494.

worden. So füllen Zeller & Co.¹⁾ mit einer Lösung von 60 g Ammoniumchlorid, 30 g Zinkchlorid und 30 g Natriumchlorid. Die kastenförmige Kohlenelektrode, die mit einer angefeuchteten feinkörnigen Mischung aus gleichen Theilen Retorten-Graphit und Pyrolusit gefüllt ist, wird unter Zwischenlage einer 5 cm dicken Filzscheibe durch zwei starke Kautschukringe oder eine Hanfkordel fest gegen eine amalgamirte Zinkplatte gepresst, die den Boden des Gefäßes nicht berührt. Ein 16 cm hohes Element soll 4 A. bei 1·5 V. liefern. Ein Gemenge von 100 Th. Ammoniumchlorid, 25 Th. Zinkchlorid und 25 Th. Natriumchlorid benutzt Wolff²⁾. Da beim Brennen der Braunsteinkohlen-Elektroden eine Reduction des Mangansuperoxydes eintritt, verwendet er glockenähnliche, unten verstöpselte Kohlencylinder, die mit gekörntem Braunstein gefüllt sind. Auf die Kohle ist ein Porzellanring aufgesetzt, der den amalgamirten Zinkcylinder trägt. $E = 1·38 - 1·45$ V.; $W_i = 0·15$ bis $0·20$ O.

Ball³⁾ verwendet gleiche Theile Ammonium-, Zink- und Calciumchlorid (auch für Trockenelemente im Gebrauch), Kitsee⁴⁾ eine Mischung von Natrium- oder Ammoniumchlorid mit Quecksilberbisulfat. Howell⁵⁾ stellt den durch etwas Quecksilber beständig amalgamirt gehaltenen Zinkcylinder in Ammoniumsulfat-Lösung ($\frac{1}{40}$), umgiebt ihn mit dem Diaphragma und dieses, damit es leichter entfernt und gereinigt werden kann, mit einer der Länge nach mehrfach aufgeschlitzten Steingutzelle.

¹⁾ G. M. 35973; El. Rundsch. 1896, 83. — ²⁾ Elektr. Zeitschr. (1894) 15, 123.
— ³⁾ E. P. 16545/1892. — ⁴⁾ A. P. 400224. — ⁵⁾ Lum. él. 1879, 235.

Diese ist von Braunstein-Graphit-Mischung umgeben, die mit Mangancarbonat oder Mangansulfat bedeckt ist und die Kohlenelektrode aufnimmt. $E = 2.14$ V.; $W_i = 5-6$ O. Leuchs nimmt als Elektrolyten 15%ige Kalilauge. $E = 1.9$ V. Emmens¹⁾ schlägt als Erreger ein Lösung des nach ihm benannten Sprengstoffes vor. Sie soll E erhöhen und nicht an den Gefässwänden emporklettern. Das von Guignet und Payerne benutzte Gemisch von Pyrolusit und Schwefelsäure wirkt nach Leroux²⁾ nur dann dauernd polarisierend, wenn es auf 73 Grad erwärmt wird. Sigmanski³⁾ will mit einer Mischung aus Braunstein und Kohle mit Manganchlorür- oder -Fluorürlösung depolarisieren.

Heim⁴⁾ wendet statt Zink und Salmiaklösung Magnesium und Magnesiumchloridlösung an, die zuerst wohl von Bulting⁵⁾ benutzt wurden,⁶⁾ und steigert dadurch E um 0.874 V. Die Konstanz ist annähernd dieselbe wie bei Verwendung von Zink, der Magnesiumverbrauch nicht sehr gross. Nöllner⁷⁾ stellt der mit Braunstein umgebenen Kohle Eisen in Ferriacetatlösung gegenüber. Eine Silberelektrode verwendet Heil⁸⁾. Sie ist von Kohlen- und Braunsteinstücken, die sich in einem leinenen Beutel befinden, umgeben. Ein Filzcyylinder trennt sie von dem Zinkcyylinder. Abänderungen des Leclanché-Elementes gaben auch Goodwin⁹⁾, Kaufmann¹⁰⁾ u. A. an.

¹⁾ Elettricità 1888, 564. — ²⁾ Compt. rend. (1853) 37, 355. — ³⁾ Lum. él. (1893) 48, 229. — ⁴⁾ Elektrot. Zeitschr. (1887) 8, 472. — ⁵⁾ Compt. rend. (1863) 61, 555. — ⁶⁾ Tommasi schreibt sich die Priorität zu. — ⁷⁾ Polyt. Notizbl. (1886) 41, 56. — ⁸⁾ A. P. 523892/1894. — ⁹⁾ A. P. 431742, 431743, 431968; E. P. 2773/1886. — ¹⁰⁾ El. Echo 1890, 273, 284, 291.

Kupfersulfid oder **Kupferoxychlorid** bildet **Fechner**¹⁾ an der dem Zink zugekehrten Seite der Kupferplatte durch Bestreichen mit Schwefelleber- oder Salmiaklösung. Diese Verbindungen lösen sich allmählich in der Schwefelsäure und lagern dann unter dem Einflusse des Stromes Kupfer statt Wasserstoff ab.

Mit **Spiessglanzasche** umgiebt **Zenger**²⁾ einen Antimonstab, bedeckt sie mit Natriumchlorid, füllt das Gefäss mit einer Lösung dieses Salzes oder von Salmiak und hängt oben einen Zinkcylinder hinein. $E = 1.1$ V.

Quecksilbersulfat, und zwar als Oxydulsalz, schlug 1854 zuerst **Varley**³⁾ als Depolarisator vor. Einige Jahre später construirte **M. Davy**⁴⁾ eine entsprechende Zink-Kohle-Kette mit Diaphragma. Der Salzbrei aus Mercurio- oder auch Mercurisulfat befindet sich in der Thonzelle, die am Rande paraffinirt oder glasirt wird, und nimmt die Kohle auf. Diese bedeckt sich unter der Einwirkung des Stromes bald mit Quecksilber. Bei langem Stromschlusse tritt, da sich dann nicht mehr genügend Quecksilbersulfat lösen kann, lebhaft Polarisation auf. Dann wird das gebildete Zinksulfat elektrolysirt, das auf der Kohle sich niederschlagende Zink verbindet sich mit dem Quecksilber, und die Pole des Elementes kehren sich um, da Zinkamalgam gegen Zink elektro-positiv ist. $E = 1.3—1.5$ V.; W sehr gross. Die Diffusion der Flüssigkeiten, also auch der Arbeitsverlust durch Nebenwirkungen, ist wegen der Schwerlöslichkeit des Quecksilbersulfats gering. Das Zink wird amalgamirt erhalten.

¹⁾ Maassbestimmungen 1831, S. 62. — ²⁾ Böhm. Architekten-Ver. 1871, 15.
— ³⁾ J. Electr. Soc. (1882) 10, 452. — ⁴⁾ Cosmos (1859) 15, 443.

De M e n u a A p p a r i c c i o ¹⁾ bringt auf den Boden eines Elementenglases eine mit Mercurisulfat-Paste bedeckte Kohlenplatte, darüber eine Schicht feinen Sandes, darauf die Zinkplatte und füllt mit reinem Wasser. Grenet ²⁾ führt die Kohlenplatte in eine Schicht Mercurosulfat ein, die sich am Boden einer Flasche befindet, und setzt ihr einen Zinkstab in reinem Wasser so gegenüber, dass er nicht die Salzschrift berührt. Gaugain ersetzt bei dieser Construction das Oxydul durch Oxydsalz. Beaufils formt Platten aus fein gepulverter Kohle, Mercurisulfat und Paraffin. Chardin stellt Zink und Kohle in eine überschüssiges Salz enthaltende Mercurisulfat-Lösung. Trouvé hat das Element so eingerichtet, dass beim Umstürzen die Elektroden von der Flüssigkeit befreit werden. Gaiffe hat eine Anordnung in Kastenform gegeben. Leland ³⁾ trennt ein von Mercurosulfat und Braunstein umgebenes Platinblech durch ein Diaphragma von dem in Wasser stehenden Zinkcylinder. Die Construction von Latimer Clark ist unter den Normalelementen beschrieben.

Bleisulfat ist öfter an Stelle des Quecksilbersulfats verwendet worden. E. Becquerel, M. Davy ⁴⁾ und Worlée ⁵⁾ haben verschiedene Formen dieser Art von Elementen angegeben, die entweder einen Thoncylinder enthalten, der einen von Bleisulfat umgebenen Stab von Blei, Kupfer, Kohle oder verzinnem Eisen in sich aufnimmt, oder ohne Diaphragma construiert sind, theils so, dass das Bleisulfat (zuweilen in Mischung mit Kochsalz)

¹⁾ Mondes 7, 522. — ²⁾ Cosmos (1863) 23, 433. — ³⁾ Mondes 17, 291. — ⁴⁾ Cosmos (1859) 15, 443. — ⁵⁾ Dingl. (1862) 163, 108.

mit Wasser, Natriumchlorid- oder Zinksulfatlösung angemacht und zu Cylindern geformt wird, deren Festigkeit durch Gypsguss erhöht werden kann, theils nach Art des von W. Thomson abgeänderten Daniell-Elementes (siehe später)¹⁾; $E = 0.59$ V.

Mit Antimonsulfat umgiebt Pérémé die Kohle und trennt davon Zink in Wasser durch einen Thoncylinder. $E = 0.6$ V.

Kupfercarbonat schichtet Ney um die Kohle; es soll sich in dem Ammoniak, das durch Zersetzung der als Elektrolyt dienenden Ammoniumchloridlösung entsteht, auflösen und dadurch einen ebenso starken und constanten Strom veranlassen, wie ihn das Daniell-element giebt.

Calciumchromat verwenden Fitz Gerald und Molloy als Depolarisator. Es wird mit concentrirter Schwefelsäure gemischt, wobei sich die Sulfate und Sauerstoff bilden. Letzterer verbindet sich mit dem Wasserstoff am Zink. Die Kohle dient hier zugleich als negative Elektrode und als Diaphragma.

Als depolarisirende Elektrode will Ritter Tellur verwenden, das er in verdünnter Schwefelsäure Zink gegenüberstellt. Es soll sich Tellurwasserstoff bilden.

¹⁾ Compt. rend. (1860) T. 3.

2. Elemente mit zwei Elektrolyten.

Viel vollkommener als in den Elementen mit einem Elektrolyten ist die Polarisierung in denen mit zwei Elektrolyten und zwei Elektroden zu vermeiden.

a) Das Daniell-Element.

Bereits 1830 verwandte Wach¹⁾ die Combination Kupfer in Kupfervitriollösung, Zink in Wasser oder Salmiaklösung, beide Elektrolyten durch Thierblase getrennt, ohne aber die Bedeutung als constante Stromquelle zu erkennen. Dagegen hatte schon früher C. Becquerel²⁾ erkannt, dass durch die Kette Kupfer in Kupfernitratlösung und, davon durch ein Goldschlägerhäutchen getrennt, Zink in Zinksulfatlösung Depolarisation zu erreichen sei.

In eine brauchbare Form wurde die Kette erst von Daniell³⁾ gebracht. Er füllte die Kupfervitriollösung, die beständig concentrirt erhalten wurde, in ein kupfernes cylinderförmiges Gefäß und brachte in diesem eine Ochsenzunge an, die verdünnte Schwefelsäure und einen amalgamirten Zinkcylinder aufnahm. Die specifisch schwere Zinksulfatlösung floss unten durch ein S-förmig

¹⁾ Schweigg. Journ. (1830) 58, 33. — ²⁾ Ann. Chim. Phys. (1829) 41, 22. —

³⁾ Phil. Transact. (1836) 1, 107.

gebogenes Rohr ab, während oben durch einen Trichter beständig neue Säure zugegeben wurde.

Diese Form ist aber für allgemeinen Gebrauch zu unhandlich. Deshalb zog man bald folgende Gestaltung, die jetzt noch allgemein angewendet wird, vor (siehe Fig. 11). In einem Glasgefäße steht der geschlitzte Kupfercylinder *K* in Kupfervitriollösung, darin die poröse

Fig. 11.

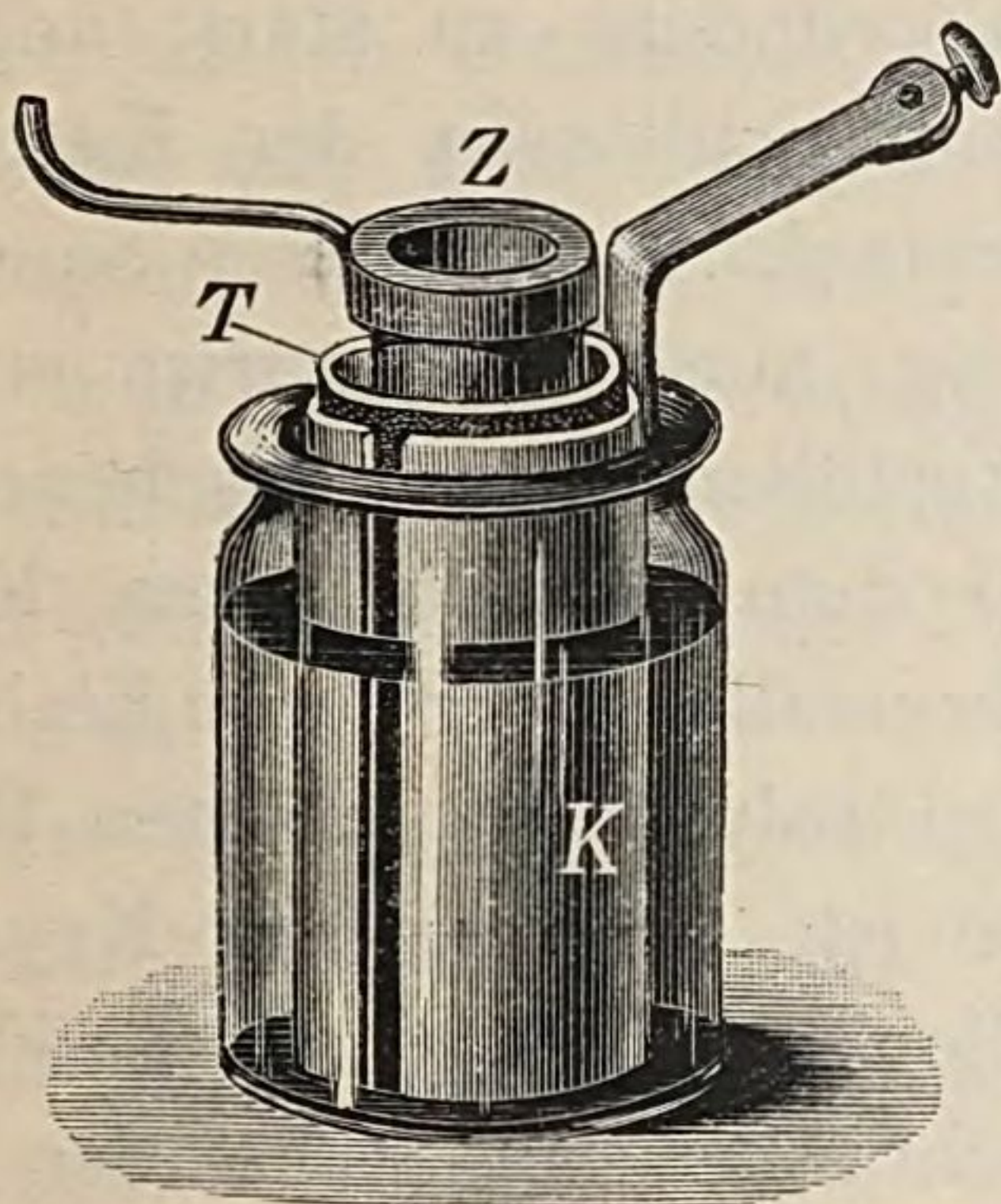


Fig. 12.



Thonzelle *T* und ganz innen der amalgamirte Zinkcylinder *Z* in verdünnter Schwefelsäure oder in Zinksulfatlösung. Die Verbindung zweier Elemente mit einander geschieht entweder auf die gezeichnete Art oder durch Schrauben, die durch den an den Kupfercylinder gelötheten Blechstreifen gehen und in den Schlitz eines an den Zinkcylinder angesetzten Blechstreifens passen. Klemmschrauben sind natürlich auch verwendbar. Bei älteren Constructionen ist der Kupfercylinder häufig innen angeordnet. Anstatt des Cylinders

aus starkem Zinkblech gebraucht man auch massive gegossene Zinkkreuze von der in Fig. 12 abgebildeten Gestalt, oder, nach dem Vorschlage Lathrop's¹⁾, schraubenförmig gebogene Cylinder, die durch Quecksilber, das von einer Rinne des oberen Ganges hinabfließt, amalgamirt erhalten werden. Die Schwefelsäure leitet bei einem Gehalte von 30 bis 40% am besten. Man wendet sie aber trotzdem viel verdünnter, nur 5 bis 10%ig an, weil die concentrirtere schlecht amalgamirte Stellen des Zinkcylinders zu stark angreifen würde, und sich das beim Schliessen der Kette entstehende Zinksulfat leichter in der verdünnteren Säure löst.

Die Kupfersulfatlösung muss concentrirt erhalten werden,²⁾ was durch Ausfüllen des Zwischenraumes zwischen dem Glase und dem durchlöcherten Kupfercylinder mit Kupfervitriolkrystallen, oder durch Einhängen derselben oben in den Elektrolyten in leinenen Beuteln oder dadurch zu erreichen ist, dass ein mit Krystallen und Lösung gefüllter Ballon umgekehrt mit geöffnetem Halse in die Lösung taucht. Die an Stelle der Thonzelle sonst vorgeschlagenen Diaphragmen³⁾ haben sich keinen Eingang zu verschaffen gewusst. Beachtung verdient von ihnen allen vielleicht nur das vegetabilische Pergament. Beim Zusammensetzen des Elementes lässt man den Thoncylinder sich erst voll Schwefelsäure saugen, ehe man ihn in die Kupfervitriollösung taucht. Dann treten beim Gebrauch weniger leicht Kupferaus-

¹⁾ Centralbl. Elektrot. (1886) 8, 415. — ²⁾ Vollständige Sättigung ist zur Erreichung der normalen elektromotorischen Kraft nicht erforderlich und aus ökonomischen Gründen nicht anzustreben. — ³⁾ Vgl. Jedlik, Tagebl. d. Naturforschervers. in Wien 1856, 56; Fortschr. 1856, 465.

scheidungen innerhalb der Wandungen der Thonzelle ein. Ganz vermieden werden diese, wenn man ausserdem den Zinkcylinder mit einem Leinwandsäckchen umgiebt oder ihn frei in die Mitte der Thonzelle stellt. Dann fällt beim allmählichen Verbrauche des Zinks der aus den Verunreinigungen des letzteren bestehende Schlamm¹⁾ unschädlich auf den mit Wachs zu tränkenden Boden der Zelle, während er sonst, wenn er an die Seiten des Thoncyinders kommt, aus der diesen durchtränkenden Kupfersulfatlösung Kupfer abscheidet, das dann mit dem Schlamm und den vorhandenen Elektrolyten ein galvanisches Element bildet und dadurch immer neue Kupferabscheidung in den Poren der Thonzelle veranlasst. Den Ueberschuss an Kupfervitriollösung, der sich bei der Thätigkeit des Elementes allmählich bildet, hebert Secchi²⁾ ab.

Beim Stromdurchgange spaltet sich die Schwefelsäure am Zinkpol in H_2 und SO_4 . SO_4 verbindet sich mit dem Zink, das sich also löst, H_2 mit dem aus dem Kupfersulfat abgeschiedenen SO_4 , während sich Cu am Kupferpole absetzt. Taucht das Zink nicht in Schwefelsäure, sondern in Zinksulfatlösung, so tritt bei den oben angegebenen Reactionen Zn an Stelle von H_2 . Durch einen Strom von entgegengesetzter Richtung ist die Kette umkehrbar.

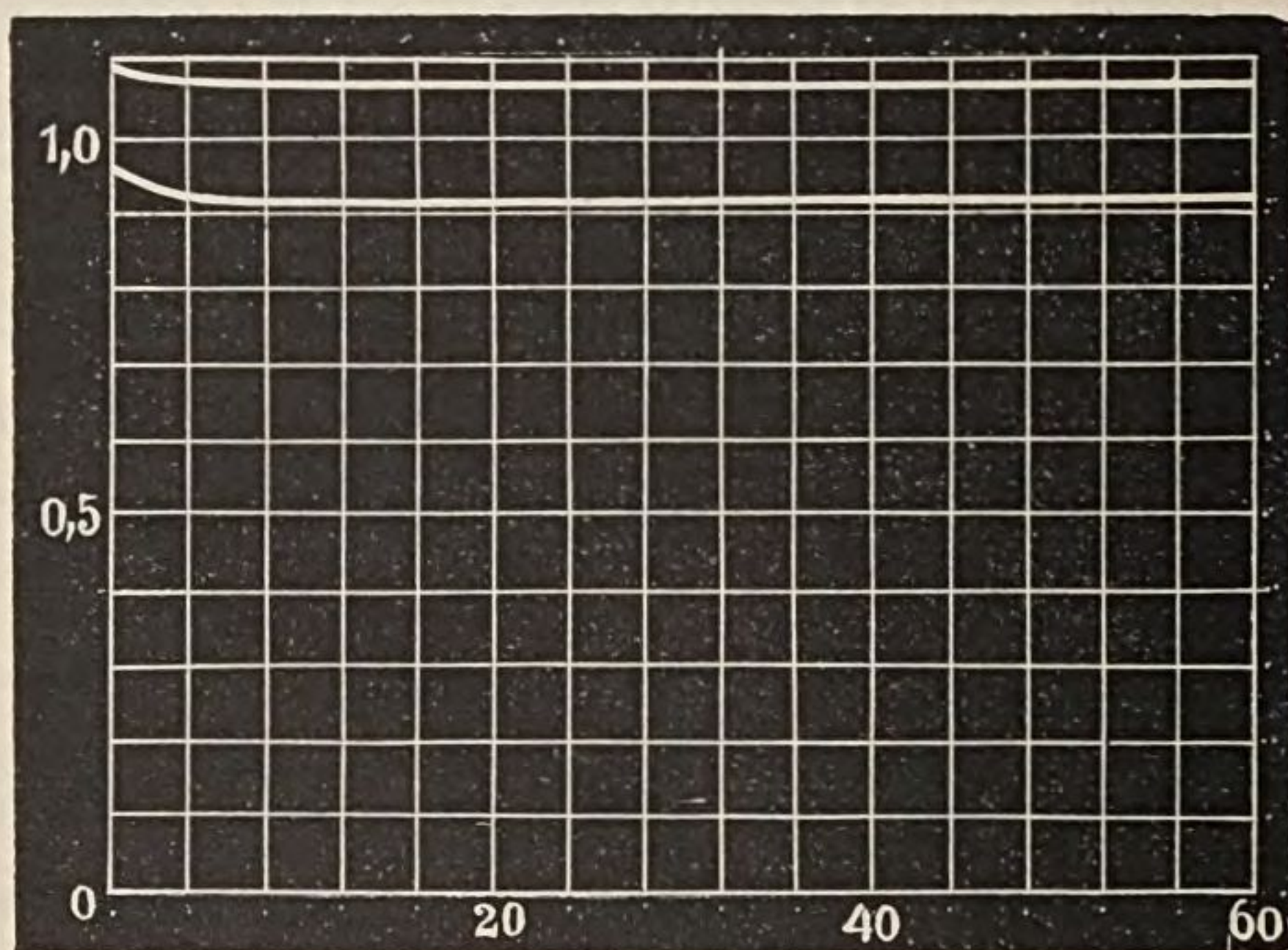
$E=1.08\text{ V.}$, nahezu constant. Sie steigt nach M. Sabine von 1.00 bei 18 Grad C. nur auf 1.015 bei 100 Grad, nach Latimer Clark und Sabine auf 1.079, wenn die Schwefelsäure mit der vierfachen Gewichtsmenge Wasser verdünnt wird, und sinkt von 1.00 bei normaler

¹⁾ Vgl. F. Place, Pogg. Ann. (1857) 100, 590. — ²⁾ Cosmos (1859) 15, 446.

Concentration der Säure auf 0·978 bei zwölffacher Verdünnung. Nach Regnault hat weder die Dicke noch die Natur der porösen Gefässe Einfluss auf E.

Die obere Curve in Fig. 13¹⁾ zeigt die Werthe für E bei einem Daniell-Element, das mit gesättigter Kupfervitriollösung und fünfprocentiger Zinkvitriollösung gefüllt war, und bei dem $W_i = 0\cdot85$ O. betrug. Die

Fig. 13.



Werthe von E wurden als Ordinaten, die Zeiten als Abscissen aufgetragen. Die untere Curve giebt ein Bild der Entladung bei $W_i = 5$ O. Die Werthe der Klemmenspannungen sind als Ordinaten aufgetragen.

Bei Verwendung von Kochsalzlösung an Stelle der Schwefelsäure steigt E um 6%, bei Verwendung von Kalilauge sogar um 38%. Letztere ist aber als Elektrolyt zu verwerfen, da das durch sie ausgeschiedene Kupferhydroxyd die Poren der Thonzelle schnell ver-

¹⁾ C.-Sch. 33.

stopft.¹⁾ Ausserdem wird bei Anwendung dieser Lösungen W_i grösser.²⁾

Einen grossen Nachtheil des Daniell-Elementes bilden die oben besprochenen Kupferausscheidungen in den Wandungen der Thonzelle, wodurch diese schliesslich zersprengt wird. Verluste an Arbeit entstehen dadurch, dass namentlich bei der offenen Kette die Kupfervitriollösung durch das Diaphragma hindurch zum Zink diffundirt, so dass sich auf diesem Kupfer und ein schwarzer Schlamm ablagert. Man sollte deshalb nie zu poröse Zellen verwenden und nach dem Gebrauche das Element möglichst aus einander nehmen. In manchen Fällen ist der grosse innere Widerstand des Daniell-Elementes störend.

¹⁾ Dies will Hauck durch Einhängen von Weinsäurekrystallen in die Kupfervitriollösung vermeiden. — ²⁾ Reynier mischt bei seinem Natronlauge-Element dem Elektrolyten zur Verringerung des Widerstandes einige Salze bei, so dass er bei Verwendung von Pergamentpapier als Diaphragma nur etwa 0.04 O. beträgt. $E = 1.52 \text{ V.}$

b) Abänderungen des Daniell-Elementes.

Gaiffe¹⁾ umgibt den Thoncylinder, der nicht ganz bis zum Boden des Glases reicht und unten glasirt,²⁾ oben porös ist, von aussen bis zur halben Höhe abwärts mit dem Zinkcylinder, während der ebenso hohe Kupfercylinder sich innen befindet. An letzterem ist ein nach abwärts führender Kupferdraht angesetzt, der in einem Ringe das untere Ende des Thoncylinders umfasst. Der Thoncylinder und der Raum des Glases unter ihm werden mit Kupfersulfatkrystallen, das übrige Glas mit concentrirter Zink- oder Magnesiumsulfatlösung gefüllt. Erreicht die Kupfersulfatlösung den porösen oberen Theil des Thoncylinders, so sinkt sie aussen nach abwärts, kann also nicht zum Zinkcylinder gelangen, wodurch der eine beim Daniell-Element angeführte Nachtheil vermieden wird.

Kramer will denselben Zweck dadurch erreichen, dass er den Kupfercylinder innerhalb der Thonzelle durch Ableitungstreifen mit einem zweiten ausserhalb derselben, der Längsschnitte mit nach aussen aufgebogenen Rändern besitzt, verbindet. Der äussere Kupfercylinder ist von einer zweiten Thonzelle umgeben,

¹⁾ Lum. él. (1881) 5, 78. — ²⁾ Statt des unteren glasirten Theiles kann auch ein Glasylinder verwendet werden.

ausserhalb welcher das Zink angeordnet ist. Die innere Zelle wird mit Kupfervitriolkrystallen, die äussere und der ganze übrige Raum des Gefässes mit verdünnter Schwefelsäure (1 : 100) gefüllt. Aehnlich setzt O s g o o d ¹⁾ zwei Thoncylinder in einander, bringt in den inneren das Zink in Erregerflüssigkeit, zwischen beide einen durchlöcherten Kupfercylinder in verdünnter Säure und zwischen äussere Zelle und Gefäss einen mit dem ersten metallisch verbundenen, ebenfalls durchlöcherten Kupfercylinder in Kupfersulfatlösung.

Ueber die gewellte Kupferelektrode stellt Beattie ²⁾ auf Füßen eine Thonzelle, von der nur der Boden porös ist. Auf ihm steht die konische Zinkelektrode. Porösen Boden und glasierte Seitenwände hat auch die in Form eines Kegelstumpfes gebildete Zelle Hussey's ³⁾.

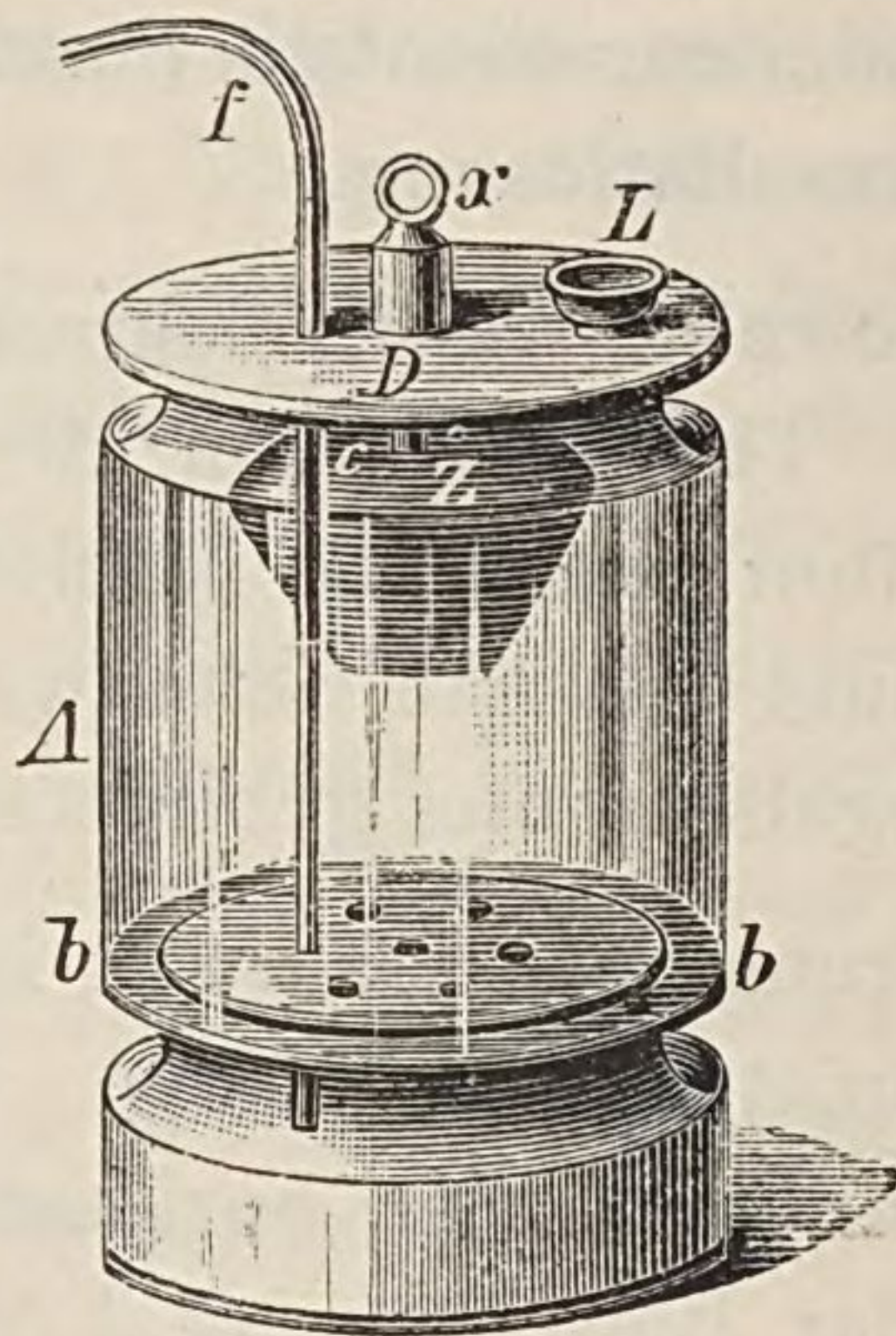
Die Abänderung von R a o u l t ist weiter unten bei den Normal-Elementen beschrieben. K o h l f ü r s t verwendet als Diaphragma eine horizontale, poröse Thonplatte, die auf der Einschnürung *b* (siehe Fig. 14) des Glases *A* ruht. Dieses wird durch die für gewöhnlich mit einem Korken verschlossene Oeffnung *L* im gusseisernen Deckel *D* mit Zink- oder Magnesiumsulfatlösung gefüllt. Die kegelförmige Zinkelektrode *Z* ist in einen Messingstift *c* eingeschraubt und trägt die Klemmschraube *x*. Der Raum unterhalb der Thonplatte wird mit Kupfersulfatkrystallen gefüllt und nimmt ausserdem ein S-förmig gebogenes Bleiblech auf, von dem ein isolirter Draht *f* nach oben führt. Das Blei bedeckt sich durch die Stromwirkung bald mit Kupfer. Dieses sehr

¹⁾ A. P. 476296. — ²⁾ A. P. 429596. — ³⁾ A. P. 439516.

constante Element mit $E = 11.35$ Jacobi und $W_i = 5.0$ Siemens hat sich gut bewährt. Eine ganz ähnliche Einrichtung zeigt das Prag-Duxer-Element.¹⁾

Um die Mischung der beiden Elektrolyten zu erschweren, ist öfter vorgeschlagen worden, in den Poren der Diaphragmen einen Niederschlag zu erzeugen. Zu

Fig. 14.



diesem Zwecke bringt d'Arsonval um das Zink Natriumcarbonatlösung, E. Reynier (siehe auch später) Natronlauge. Gutsch²⁾ tränkt die Zelle vor dem Einstellen in das Batterieglas mit Ammoniak.

Der Platzersparniss und grossen Haltbarkeit halber wurden im Telegraphendienste häufig Trog-Elemente verwendet. Eine Form, die in England lange Zeit in Gebrauch war, besteht aus Kästen aus Teakholz, die durch Schieferplatten in 10 Abtheilungen getheilt sind.

¹⁾ Hck. 186. — ²⁾ D. P. 56406.

Jede dieser Zellen enthält in der Mitte eine poröse Porzellanplatte. Auf jeder Schieferplatte reitet ein Paar von 7 cm langen und 5 cm breiten Zinkplatten und 17 cm im Quadrat haltenden Kupferplatten. Die ersteren tauchen in Wasser oder sehr verdünnte Zinkvitriollösung, die letzteren in Kupfervitriollösung. Der Abstand der Elektroden ist bei dieser Abänderung des Daniell-Elements genau innezuhalten. Die Verdunstung der Flüssigkeit wird in den gut gedichteten, mit Deckel verschlossenen Trögen stark vermindert. Aehnlich construirt ist die Säule von Muirhead, bei der flache Thonzellen, welche die Kupferelektrode aufnehmen, in zweitheiligen Porzellengefäßen stehen.

Die Säule nach W. Thomson oder Bottomley¹⁾ erinnert an den Oerstedt'schen Trogapparat und an Jacobi's Kammersäule.²⁾ Sie besteht aus 53 cm im Quadrat grossen und 9·5 cm tiefen Holzkästen mit schrägen Wänden, die mit galvanisch verkupferten Blei ausgeschlagen sind, beziehungsweise am Boden gut lackirte Kupferplatten enthalten. Als positive Elektroden dienen Roste aus nahe an einander liegenden Zinkstäben, die auf 4 cm hohen Holzklötzchen ruhen. Unten um die Roste ist als Diaphragma Pergamentpapier herumgelegt, das an den nach oben gekehrten Füßen der Roste aufwärts gefaltet ist. In die so gebildeten porösen Zellen wird Zinkvitriollösung vom specifischen Gewichte 1·10 gegossen, während unterhalb, in den Ecken der Kästen, Kupfersulfatkrystalle aufgeschüttet werden. Um mehrere Elemente hinter einander schalten zu können,

¹⁾ Scient. Amer. 1872, 364; Dingl. (1872) 205, 304; Proc. Royal Soc. (1884) 37, 173. — ²⁾ Pogg. Ann. (1838) 43, 328.

sind die Bleiplatten an einer Stelle über den Rand des Kastens gebogen und an ein Zinnplättchen gelöthet, das sich am Boden befindet. Dieses Zinnplättchen kommt auf den Zinkfuss des darunter stehenden Elements. Beim Gebrauche hat man darauf zu achten, dass das specifische Gewicht der Zinksulfatlösung nicht über 1·3 steigt. Damit sich kein Kupfer auf das Zink niederschlägt, muss die Kette, wenn sie nicht mehr gebraucht wird, nach J. A. Ewing gleich kurz geschlossen werden, oder man muss die Zinkroste und Kästen mit Hebevorrichtungen versehen, damit sie von einander abgehoben werden können.

Reynier stellt in 44 cm lange, 5 cm breite und 22 cm hohe Kupferzellen 10 cm kürzere Zinkplatten, die mit Pergamentpapier umhüllt sind. Die als Elektrolyt dienende Kupfersulfatlösung wird durch eingehängte Krystalle concentrirt erhalten und durch Zusatz von Kaliumchlorid, Natriumchlorid, Kaliumsulfat, Natriumsulfat, Ammoniumsulfat, Zinksulfat, Natriumbisulfat u. s. w. besser leitend gemacht. Enthält die Flüssigkeit bereits viel Zinksulfat, so wird ein Theil abgelassen und durch Wasser ersetzt. Der Widerstand jeder Zelle beträgt 0·14 O., die grösste äussere Arbeit 0·2 kg—m pro Secunde. J. Puluj hat das Pergamentpapier mit Erfolg durch wasserdichte Leinwand ersetzt.

Hauck macht den Widerstand dadurch gering, dass er die Elektroden nur 1 cm von einander entfernt anordnet und durch eine Circulationsvorrichtung für stete Anwesenheit von gesättigter Kupfervitriollösung sorgt und die Bildung von schlecht leitender gesättigter Zinkvitriollösung verhindert. Er legt auf die Zinkplatte

ein mit Gaze bekleidetes Pergamentblatt mit der Stoffseite nach innen, darauf einen U-förmigen Papprahmen, der zur Isolirung und zur Aufnahme des Elektrolyten dient, weiter eine Zinkplatte, die auf der dem Pergament zugewendeten Seite mit Blei überzogen ist, das um den Rand des Rahmens umgeschlagen wird, darauf wieder auf die Zinkseite Pergament, einen Rahmen u. s. w. Die Zuführung von Kupfersulfatlösung und die Entfernung der sich bildenden Zinksulfatlösung geschieht durch zwei Rechen aus Glasröhren von einem Vorrathsgefäss oberhalb der Batterie aus. Eine Batterie aus 10 Elementen von der Grösse $20 \times 14 \times 16$ cm kann 7—10, eine von der Grösse $35 \times 24 \times 14$ cm etwa 20 Volt-Amp. liefern. Nach 80—100 Stunden müssen die Platten und Pergamente erneuert werden.

In dem gewöhnlichen Daniell'schen Element ersetzt Carré¹⁾ die Zelle aus porösem Thon durch eine solche aus Pergamentpapier. $W_i = 0.1$ O.

O'Keenan stellt in die Kupfervitriollösung zwei Bleiplatten, zwischen sie den Zinkcylinder, der von einem Schlauch aus Pergamentpapier umgeben ist. Der obere Theil dieses Schlauches ist von reinem Wasser, der untere von concentrirter Zinkvitriollösung umspült. Die Zinksulfatlösung gewöhnlicher Concentration, von der das Zink umgeben ist, reichert sich bei Stromschluss an dem Salz an und sinkt dann nach unten, während Wasser nachdringt. So wird selbstthätig eine Circulation erreicht. Bei offenem Strome findet kein Materialverbrauch statt.

¹⁾ Électricien 1890, 963.

Morin¹⁾ trennt den mit grobem Sand umgebenen Kupfercylinder durch ein Papierdiaphragma von dem mit Schwefelblumen umgebenen Zinkcylinder und füllt das Element mit Kupfersulfatlösung. Hewett²⁾ formt die poröse Zelle aus Infusorienerde.

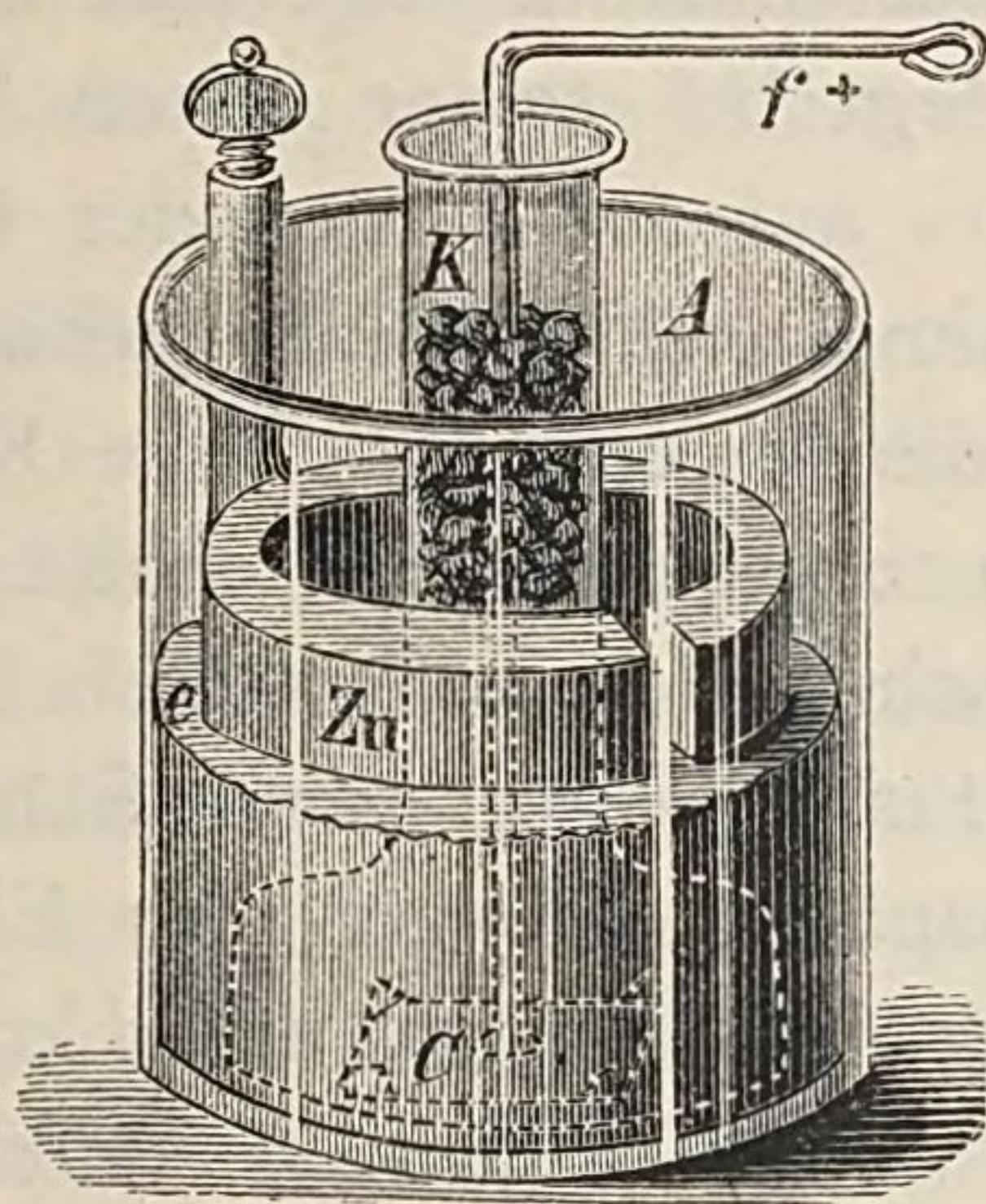
Trouvé schichtet zwischen eine untere Kupferplatte und eine obere Zinkplatte viele Scheiben aus Löschpapier, von denen die unteren mit concentrirter Kupfervitriollösung, die oberen mit Zinkvitriollösung vollgesaugt sind. Ist das Element nicht in Gebrauch, so müssen die Scheiben trocken sein, bei der Benutzung werden sie angefeuchtet. Hat sich das Kupfersulfat zu Zinksulfat umgesetzt, so laugt man letzteres aus der unteren Hälfte der Papiersäule aus und tränkt frisch mit Kupfersulfatlösung.

Das »Papp-Element« von Siemens³⁾ liefert lange Zeit sehr constante Ströme. Auf dem Boden des Gefäßes *A* (siehe Fig. 15) liegt der mit Ableitungsdraht *f* versehene spiralförmig gewundene Kupferblechstreifen *C*, an dessen Stelle auch eine oder zwei Platten treten können. Darauf steht ein mit Kupfervitriolkrystallen *K* gefülltes Glasrohr, das unten erweitert und bei den neueren Constructionen mit einer Glocke aus porösem Thon versehen ist, die den Kupferpol umfasst. Auf der Erweiterung, beziehungsweise der Glocke, liegt erst ein dünner Pappiring, dann eine als Diaphragma dienende Papierscheibe, die sich dicht an das äussere Glas und die innere Röhre anlegt und hergestellt

¹⁾ Compt. rend. (1872) 74, 1560. — ²⁾ A. P. 385308. — ³⁾ Pogg. Ann. (1859) 108, 608; vgl. auch die ähnlichen Constructionen von Buff, Ann. (1853) 85, 4 und Castelli.

wird, indem man abgepressten Papierbrei mit einem Viertel seines Gewichtes an concentrirter Schwefelsäure durchknetet, von der überschüssigen Schwefelsäure durch Wasser befreit und trocken presst. Auf dem Diaphragma ruht der nicht amalgamirte gegossene Zinkcylinder *Zn*. Zur Aufnahme und leichten Entfernung von Verunreinigungen, die bei der Thätigkeit des Elements von

Fig. 15.



dem Zink abfallen, dient ein zwischen das Zink und das Diaphragma gelegtes lockeres Gewebe. Soll die Kette in Gebrauch genommen werden, so füllt man das Gefäß *A* und die innere Röhre mit Wasser, dem in der Nähe der positiven Elektrode etwas Säure oder Kochsalz zugesetzt wird. Etwa alle 14 Tage erneuert man die Flüssigkeit am Zinkpol und, wenn der Kupfervitriol stark eisenhaltig ist, auch am Kupferpol. Bei längerem Gebrauche durchsetzen auch bei diesem Elemente, gerade wie beim Daniell'schen, Kupferabscheidungen das Papierdiaphragma und die Thonglocke.

Ein leicht transportables Element von nahezu derselben EMK wie das von Meidinger stellt C. Elschner¹⁾ dadurch her, dass er auf dem Boden eines als einer Pol dienenden Zinkgefäßes ein Glas ankittet, in dieses ein dünnes Kupferblech mit nach oben gehendem, von einer Glasröhre umgebenem Drahte legt, es mit concentrirter Kupfersulfatlösung und Krystallen füllt, Lederleimlösung darauf giesst und in den Zinktopf Mehlbrei, dem etwas Magnesiumsulfat zugesetzt ist, bringt.

Varley²⁾ legt bei seiner schon 1854 erfundenen »Gravity Battery« auf den Boden des Glases eine einfache oder zweimal rechtwinklig gebogene -Kupfer- oder Bleiplatte, die im ersteren Falle Kupfersulfat von oben her durch eine Glasröhre erhält, und es in letzterem Falle zwischen sich aufnimmt.

Ueber der Platte lagert eine Schicht gepulverter Thon oder Sägespäne. Die in den Ebonitdeckel eingehängte Zinkelektrode ist nach unten konisch zugespitzt. Das Glas wird mit gesättigter Zinksulfatlösung gefüllt. Man hat auch zur Füllung einfach Wasser verwendet. Um den Zutritt der Kupfervitriollösung zum Zink zu hindern, wird auch zwischen die Sägespäne eine Schicht Zinkoxyd oder Zinkcarbonat gebracht, das den Kupfervitriol seines Kupfers beraubt. Coronat stellt gleichfalls sein Element unter Verwendung von Sägespänen zusammen.

Minotto³⁾, ferner Callaud⁴⁾, Colla⁵⁾, Jacobini, Secchi⁶⁾ und d'Amico⁷⁾ nehmen statt der Sägespäne

¹⁾ Chem. Ztg. (1890) 14, 1768. — ²⁾ J. Tel. Soc. (1882) 10, 452; Wied. Beibl. (1882) 6, 390. — ³⁾ Dingl. (1864) 171, 235. — ⁴⁾ Ann. Telegr. (1858) 1, 46. — ⁵⁾ Mondes 4, 550, 727. — ⁶⁾ Mondes 5, 516. — ⁷⁾ Brix' Zeitschr. (1867) 14, 219.

Sand. D'Arsonval¹⁾ vermeidet die Diffusion der Kupfervitriollösung durch Thierkohle. Die bald entstehende harte Masse erhöht aber Wi sehr bedeutend.

Um diesen möglichst klein zu machen, muss es natürlich vortheilhaft sein, das poröse Diaphragma ganz wegzulassen. Dies ist nach dem Vorschlage Gauthier de Claubry's ebenfalls bei einer ganzen Reihe von Constructionen geschehen.

Granfeld bringt in der Mitte der Batteriegläser am Boden bis zu einer gewissen Höhe eine Glasscheidewand an.

Varley²⁾ bildet in dem Elementenkasten durch zwei wasserdichte Scheidewände drei Abtheilungen. Die eine Wand reicht vom Deckel nach unten bis zur Mitte, die andere vom Boden nach oben bis zur Mitte. Ausserhalb der ersten hängt die Zinkelektrode, so dass ihr unterer Rand mit der Scheidewand abschneidet, während eine Kupferplatte, die mit Kupfervitriolkrystallen umgeben ist, ausserhalb der zweiten Scheidewand am Boden des Kastens ruht. Gefüllt wird dieser mit Wasser.

Varley überschichtet auch eine verdünnte Schwefelsäure (1 Vol. auf 8 Vol. Wasser) mit einer noch verdünnteren (1 Vol. auf 16 Vol. Wasser) und bringt in erstere, in die durch ein Rohr Kupfersulfatkrystalle eingeschüttet werden, eine Platte oder Spirale aus Kupfer, in letztere einen Stab oder Conus aus amalgamirtem Zink.

Callaud³⁾ füllt sein ganz ähnlich construirtes Element zur Hälfte mit Zinkvitriollösung (1:10) und lässt

¹⁾ Compt. rend. (1880) 91, 284. — ²⁾ Quart. J. of Science (1871), New Ser. 1, 122; vgl. a. Lacroix, Lum. él. (1887) 25, 196. — ³⁾ Vgl. dazu Helmholtz, Wied. Ann. (1878) 5, 467.

dann durch einen Kautschukschlauch auf den Boden concentrirte Kupfervitriollösung fließen, bis sie etwa $\frac{1}{2}$ cm unter der Zinkelektrode steht. Sie wird durch Krystalle gesättigt erhalten. Nach den Untersuchungen von Gauguain und Cailleret zeigt das einige Zeit gebrauchte Element $W_i = 4.5 - 5.5$ S. E. Dieser steigt noch bedeutend, wenn das Kupfersulfat durch Chlorid ersetzt wird. Gleichzeitig sinkt E um 10%.

Nur unwesentlich ist das Element von Trouvé¹⁾ abgeändert worden. Stellt man nach dem Vorschlage Wilson's²⁾ die Elektroden aus je 3 dicht über einander liegenden, unter sich verbundenen Scheiben von je 5 cm Durchmesser her, so kann man dem Elemente Ströme bis zu 1 A. entnehmen. Die Betriebsdauer des Callaud-Elementes will Delany³⁾ durch Verminderung der Diffusion erhöhen, indem er das Zink und die Kupfervitriolkrystalle in einen Sack aus Baumwolle einhüllt. Hussey⁴⁾ zersetzt das durch Diffusion hoch steigende Kupfersulfat durch eine in halber Höhe des Elementes angebrachte durchlöchernte Eisen- oder Stahlplatte, ebenso J. Moser⁵⁾.

Der innere Widerstand ist vermindert und die Abscheidung von Kupfer auf dem Zink unmöglich gemacht bei der Modification von Lockwood. Er verwendet als negative Elektrode zwei central über einander an einem Drahte befestigte Kupferspiralen mit entgegengesetzt laufenden Windungen. Die eine befindet sich am Boden des Gefässes, die andere in geringer Entfernung von der eine grosse Oberfläche besitzenden Zinkelektrode.

¹⁾ N.-Hck. 106. — ²⁾ West. El. (1891) 8, 146. — ³⁾ A. P. 406997. — ⁴⁾ A. P. 406168 u. 406169. — ⁵⁾ D. P. 1725/1879.

Der Raum zwischen beiden ist mit Kupfersulfatkrystallen ausgefüllt. Als Erreger dient Zinksulfatlösung.

Um eine Mischung der Flüssigkeiten zu vermeiden, wird bei dem Element von Terquem-Callaud ein Viertel bis zur Hälfte der Kupfervitriollösung pro Tag durch ein mit Hahn versehenes Glasrohr abgezogen, das durch einen seitlichen Tubus in der Nähe des Bodens des Glases geht. Die positive Elektrode, die sich oben befindet, besteht aus 7 mm starkem, 7—12 cm breitem Zinkblech, das zu einer 1 m langen Spirale aufgewickelt ist, die negative Elektrode aus einer am Boden liegenden Kupferscheibe. Der isolirte Ableitungsdraht der letzteren ist von einer Glasröhre umgeben, durch die Kupfervitriollösung eingefüllt wird, und die ausserdem festes Salz aufnimmt. Die Zinkvitriollösung hat 1.20 spec. Gew. bei 20 Grad. $W_i = 1.578$ O.

Unzweckmässig ist die Abänderung von Plush, der Zinkabfälle in einem Kupferblechsieb als Lösungselektrode einhängt, da der Zinkverbrauch zu gross ist.

Um das Callaud-Element leicht transportirbar zu machen und die Diffusion der Flüssigkeiten zu vermindern, gelatinirt Bolton¹⁾ eine derselben. W_i wird dadurch nur um 12.5—10.2% grösser als beim gewöhnlichen Elemente. Während der Ruhe diffundirendes Kupfersulfat wird durch Zinkblechschnitzel, die auf die Gelatine gestreut werden (vgl. S. 74), zerlegt, so dass auch bei längerem Gebrauche die Zinkelektrode vollkommen rein bleibt. Es wurden Messungen an folgenden drei Elementen vorgenommen:

¹⁾ Zeitschr. Elektroch. (1895) 2, 5.

a) Gewöhnliches Callaud-Element mit Blei als Kathode.

b) Die Anode wurde mit Kupfersulfatkrystallen bedeckt, die durch ein auch den Ableitungsdraht aufnehmendes etwa 4 cm weites Glasrohr nachgefüllt werden konnten. Um die Röhre herum wurde eine gelatinirte Zinksulfatlösung gegossen, und darauf nach dem Erstarren nicht gelatinirte als Elektrolyt für die Zinkelektrode.

c) Die Kathode wurde mit Kupfersulfatkrystallen bedeckt. Darüber befand sich 8 cm hoch gelatinirte Kupfersulfatlösung und dann verdünnte Zinksulfatlösung.

Durch $\frac{1}{9}$ O. äusseren Widerstand geschlossen, ergab sich:

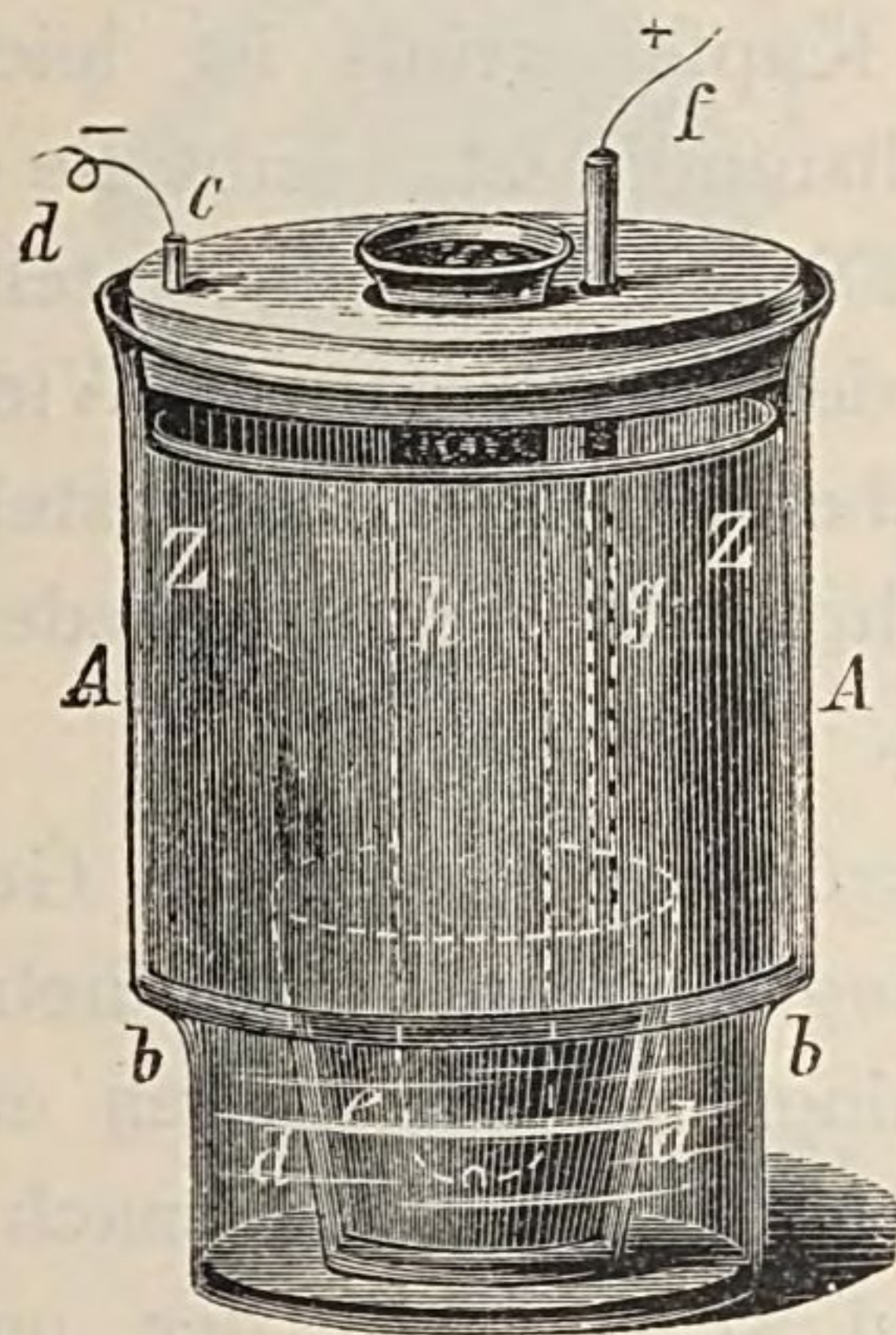
	Wi in O.	E in V.	I in A.
für a)	16.55—4.90	0.94—1.03	0.066—0.218
» b)	18.62—5.40	0.94—1.02	0.061—0.200
» c)	18.51—5.37	0.93—1.03	0.062—0.168

Viel grössere Verbreitung als alle anderen Abänderungen des Daniell-Elements hat, namentlich in Deutschland und Russland, die Construction Meidinger's¹⁾ gefunden. Auf der in ein Drittel der Höhe befindlichen Einschnürung *b* (siehe Fig. 16) des Gefässes *A* steht der Zinkcylinder *Z* mit dem Ableitungstreifen *c* aus schmalem Kupferblech. Die cylindrisch eingerollte, aus dünnem Blech bestehende Kupferelektrode *e* ragt etwas über die Einschnürung *b* hinüber, ist mit dem Ableitungsdrahte *f* versehen, der durch Guttapercha

¹⁾ Pogg. Ann. (1859) 108, 602.

oder eine Glasröhre geschützt ist, und befindet sich in dem auf dem Boden von *A* festgekitteten kleineren Gefässe *d*. Die negative Elektrode kann der Ersparniss halber auch aus Blei hergestellt werden. Wählt man die Ableitungen aus demselben Materiale, so brauchen sie nicht umhüllt zu werden, da sie den Angriffen der Agentien widerstehen. Das Gefäss wird mit Wasser,

Fig. 16.



oder zur Erzielung besserer Leitfähigkeit vortheilhafter mit Magnesiumsulfatlösung gefüllt. Als zweiter Elektrolyt dient Kupfersulfat, das in Krystallen in die trichterförmig auslaufende, unten bis auf ein kleines Loch zugeblasene Glasröhre *h*, die von dem Holzdeckel des Gefässes gehalten ist, eingefüllt wird. Es bildet sich concentrirte Kupfervitriollösung, die in dem Gefässe *d* zu Boden sinkt. Sie diffundirt nur äusserst langsam zum Zink. Hat sie es erreicht, so bilden sich natürlich Kupfer-

abscheidungen. Diese können aber, auch wenn sie sehr weit herabhängen, nicht, wie es beim Callaud-Element möglich ist, mit der concentrirten Kupfersulfatlösung in Berührung kommen. Dadurch wird, neben der Reinlichkeit im Gebrauche, die Dauerhaftigkeit des Elementes vergrössert. Die grosse Menge Flüssigkeit gestattet eine lange Benutzung, ehe die entstehende Zinksulfatlösung gesättigt wird und sich dann in Folge ihrer gewachsenen Schwere mit der Kupfersulfatlösung mischen kann. Der Verbrauch des Kupfervitriols ist leicht zu erkennen. Ehe er nicht vollständig ist, bleibt die elektromotorische Kraft bestehen. Diesen Vorthelen stehen als Nachtheile der hohe Preis, der grosse innere Widerstand, der von dem concentrischen Uebereinanderstellen der beiden Elektroden herrührt, und ziemlich bedeutender Platzverbrauch entgegen.

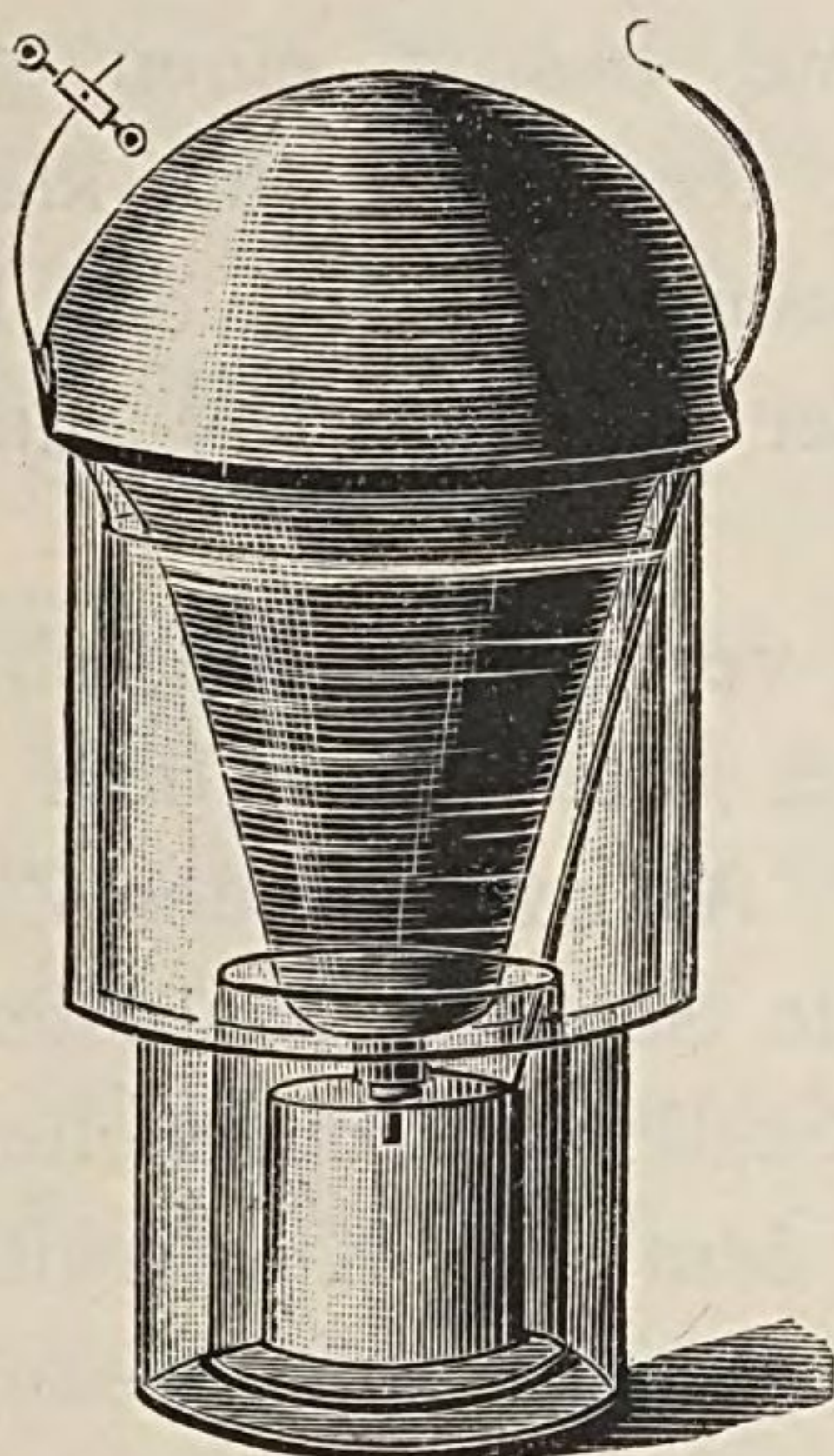
Da die Glasröhre *h* für langen Gebrauch des Elementes nicht genug Kupfervitriol aufnehmen kann, wurde sie bald durch einen mit Krystallen und Wasser gefüllten Ballon ¹⁾ ersetzt (siehe Fig. 17 nach der Construction von Keiser und Schmidt), der unten durch einen paraffinirten Stöpfen, durch den eine Glasröhre geht, verschlossen oder dort zu einer engen Oeffnung ausgezogen ist. Deren Weite muss so bemessen sein, dass nicht zu viel Lösung in das innere Gefäss ausfliessen kann, weil sie sonst zum Zink übertreten würde. Diese Form ist seit 1861 bei der badischen, seit 1869 bei der preussischen Telegraphenverwaltung in Gebrauch und

¹⁾ Vgl. R. Houdin, Mondes (1866) 11, 184; Dingl. (1876) 217, 382; Koosen, Pogg. Ann. Jubelbd. 1874, 247.

hat in allen Ländern, auch in den chemischen Laboratorien, Eingang gefunden. $E=1.18$ V.; $W_i=3-3.5$ O.

Die Anwendung gleich weiter Gefäße und bis zum Boden hinabreichender Zinkcylinder hat zwar den Vortheil, das Flüssigkeitsvolumen zu vermehren und den inneren Widerstand zu verkleinern, verhindert aber die

Fig. 17.



Ueberwachung des inneren Gefäßes und ermöglicht Kupferwucherungen bis in dieses hinein.

Das Element von Davis ist eine getreue Nachbildung des Meidinger'schen, das von Vérité im Wesentlichen dasselbe. Auch das von Böttcher¹⁾ weicht nur in der Construction ein wenig ab.

Pollak ordnet den Zinkcylinder unten, einen unten mit Kupfer überzogenen Kohlencylinder oben an und

¹⁾ Wied. Beibl. (1894) 18, 773.

füllt das Glas mit Ammoniumchloridlösung. Als zweiter Elektrolyt bildet sich dann Kupferchlorür.

Krüger¹⁾ hängt den Zinkcylinder am Rande des Glases auf und lässt ihn nicht bis zum Boden reichen. Durch von ihm ausgehende Holzstäbe wird der am Boden auf drei Füßen stehende Kupfercylinder gehalten. Die Kupfervitriolkrystalle werden von oben in diesen Cylinder geworfen. Das Element ist billiger als das Meidinger'sche und besitzt einen geringeren inneren Widerstand, zeigt aber auch eine kleinere elektromotorische Kraft. Ausserdem wird das Kupfer an der Berührungsfläche der Kupfervitriol- und Zinkvitriollösung leicht zerstört.

Um dies zu vermeiden, umgiebt C a n d i d o²⁾ den Kupfercylinder mit einer Glas- oder Porzellanröhre, die drei Ansätze zur Aufnahme des Zinkcylinders besitzt. Der unten in eine Scheibe auslaufende Kupfercylinder ist an mehreren Stellen durchbrochen und mit feuchtem Sand gefüllt, auf dem die Kupfervitriolkrystalle liegen. Als Füllflüssigkeit dient Schwefelsäure (1:20).

Viel einfacher und billiger ist das Modell der deutschen Telegraphie, bei dem eine Bleischeibe, auf die Kupfervitriolkrystalle geworfen werden, sich am Boden des Gefässes befindet, während ein bis zur Mitte in dieses hineinragender Zinkcylinder auf seinem Rande hängt. Zur Beschickung dient Bittersalzlösung.

Pincus³⁾ will den inneren Widerstand dadurch vermindern, dass er über einer horizontalen Kupferscheibe eine Zinkscheibe anbringt. Durch Löcher dieser Scheiben

¹⁾ Brix' Zeitschr. (1867) 13, 23; Abänderung von Gethins, A. P. 393639. —

²⁾ Mondes (1887) 13, 681; Dingl. (1867) 185, 86. — ³⁾ Brix' Zeitschr. (1867) 14, 218.

gehen bis zum Boden eine Trichterröhre zum Einfüllen von Kupfervitriol und ein Heber zum Erneuern der Kupfersulfatlösung und zur Veränderung des Standes der Flüssigkeitsschichten.

Um den Heber zu vermeiden, tubulirt Rollet das Elementenglas seitlich (ähnlich wie Terquem-Callaud, vgl. S. 75) und verbindet den Tubus durch einen Kautschukschlauch mit einem seitlich stehenden Cylinder, der Kupfervitriolkrystalle und Wasser enthält. Das spiralförmig gewundene Kupferband liegt am Boden. Das durchlöchernte, gegen die Mitte abgeschrägte Zink ist im Holzdeckel verschiebbar. Zur Füllung dient Magnesiumsulfatlösung von 1.01 specifischem Gewicht. Nach dem Gebrauche wird der Kautschukschlauch durch einen Quetschhahn verschlossen und das Element bis zur Entfärbung des Elektrolyten kurz geschlossen. Der innere Widerstand ist nicht zu gross, die Stromstärke ändert sich in neun Stunden nur etwa im Verhältnisse 175:186.

W. Thomson¹⁾ wendet bei seiner dem Pincus-Element ähnlichen Construction rostförmige Zinkelektroden an. Auch schlägt er vor, die gesättigte Kupfervitriollösung (specifisches Gewicht 1.18) über eine gesättigte Zinkvitriollösung (specifisches Gewicht 1.44) zu schichten, also umgekehrt wie gewöhnlich aufzubauen. Es kann dann allerdings die Zinksulfatlösung bei zunehmender Anreicherung sich nicht mehr mit der Kupfersulfatlösung mischen, aber die Gefahr liegt nahe, dass ausgeschiedenes Kupfer auf das Zink niederfällt und so das Element allmählich unwirksam macht.

¹⁾ Phil. Mag. (1871) [4] 41, 538.

In Meidinger-Elementen bringt G. Laura¹⁾ eine horizontale Scheidewand an, die aus zwei durch Leinen getrennten teigigen Schichten, einer oberen aus Eibischwurzel, einer unteren aus Holzmehl, beide mit gesättigter Natriumchloridlösung durchtränkt, besteht.

H. N. Warren²⁾ füllt das Daniell-Element nur mit Kupfersulfatlösung. Das Zink wird durch Umhüllen mit Asbestpapier vor directem chemischen Angriffe geschützt. Paillard³⁾ ersetzt in seiner ähnlichen, Voltagène genannten Batterie, deren gleichnamige Elektroden unter sich ähnlich wie beim Accumulator verbunden sind, Kupfer durch Blei.

Mauri⁴⁾ bedeckt den horizontalen, auf dem Boden des Elementenglases liegenden Arm eines **L**-förmigen Kohlenstabes mit Graphitpulver, schüttet darauf Schwefelblumen, legt ein Papierblatt darüber und giebt darauf eine Schichte Blende. Der verticale Arm des Kohlenstabes ist von einer mit Kupfersulfatlösung gefüllten Glasröhre umgeben. Den übrigen Raum des Glases, auf dessen Rand ein Zinkcylinder hängt, erfüllt Kochsalzlösung. Auf der Kohle scheidet sich Kupfer ab, das sich mit dem Schwefel verbindet. Bei einer anderen Anordnung wird ein Thondiaphragma verwendet, das den Kohlenstab, die Kupfersulfatlösung und das Schwefelpulver aufnimmt, während der Zinkcylinder in Kochsalzlösung ausserhalb steht. Da Schwefelkupfer elektromotrischer als Kupfer ist, übersteigt die elektromotorische Kraft dieses Elementes die des Daniell'schen (1.4 V.).

¹⁾ D. P. 84715. — ²⁾ Chem. N. (1890) 62, 4. — ³⁾ Bull. intern. de l'électr. 1890, 123. — ⁴⁾ Nuovo Studio sulle pile elettriche, Milano 1881, pag. 146; Wn. I, 863.

Auch Mac Donald¹⁾ stellt das Zink in gesättigte Natriumchloridlösung in einer porösen Thonzelle. Um diese herum ist ein Kupferdraht schraubenförmig gewunden. Den Aussenraum erfüllen Kupfersulfatkrystalle und -Lösung. Wendet man statt der Krystalle Kohlenstückchen an, so erhält man nach und nach durch Niederschlag von Kupfer darauf eine sehr grosse Kathodenoberfläche. Das Element soll einfach, billig und doch kräftig sein.

Weare schlägt Kupfer in gesättigter Kupferchloridlösung und Zink in gesättigter Calciumchloridlösung vor, Strache²⁾ Kupfer in verdünnter Kupfernitratlösung und Zink in concentrirter Natriumchloridlösung, Eisenlohr³⁾ Kupfer in halb gesättigter Kupfersulfatlösung und Zink in Kalium- oder Natriumbitartratlösung. Dowse⁴⁾ stellt vier durch einen Ring parallel verbundene Zinkkreuze in ebenso viel mit Chromsäuremischung gefüllte Thonzellen und umgiebt diese mit einer sternförmigen Elektrode aus Kupferblech in Kupfersulfatlösung.

Gerippte Kupfercylinder verwendet Dancer⁵⁾, gerippte Cylinder aus Tabaksblei Spencer⁶⁾.

Buff nimmt statt Zink ein flüssiges Zinkamalgam, Grove⁷⁾ und Ryhiner, sowie neuerdings Buell⁸⁾ im Meidinger-Elemente Eisen, Jacobi Silber in Kaliumcyanidlösung.

¹⁾ E. P. 8808/1894. — ²⁾ Dingl. (1861) 160, 118. — ³⁾ Pogg. Ann. (1879) 78, 65. — ⁴⁾ E. P. 3589/1891. — ⁵⁾ Mech. Mag. 40, 215. — ⁶⁾ Ann. of. Electr. 3, 591; Pogg. Ann. (1840) 51, 374. — ⁷⁾ Phil. Mag. (1838) 13, 43. — ⁸⁾ A. P. 523758/1894.

c) Das Grove- und das Bunsen-Element.

W. R. Grove¹⁾ verwendet als Depolarisator Salpetersäure vom specifischen Gewicht 1.31—1.38. Diese oxydirt den an der negativen, aus Platin bestehenden Elektrode abgeschiedenen Wasserstoff zu Wasser, während sie selbst zu Untersalpetersäure und anderen Stickstoffoxyden reducirt wird. Bei längerem Gebrauch kann die Reduction sogar bis zu Ammoniak fortschreiten. Durch ein Thondiaphragma von der Salpetersäure geschieden, befindet sich amalgamirtes Zink in verdünnter Schwefelsäure (1:12). Die ersten Elemente dieser Art waren mit Hilfe einer Thonpfeife hergestellt. Bei späteren befanden sich die Salpetersäure und das Platin in parallelepipedischen Thongefäßen, die von der Zinkplatte umgeben waren.

Da die viereckigen Thontröge leicht zerbrechlich sind, das geringe Volumen Salpetersäure sich schnell mit Untersalpetersäure sättigt und sich stark erwärmt, die Säuredämpfe die Klemmen stark angreifen und die Zinkbleche am Buge leicht brechen, ist es angebracht, die Platinbleche in einen entsprechend aufgeschlitzten Porzellandeckel durch geschmolzenen Schwefel einzukitten und sie dann in einen die Salpetersäure ent-

¹⁾ Phil. Mag. (1839) [3] 15, 287; Compt. rend. 8, 567; Pogg. Ann. 48, 300; 49, 511.

haltenden Thoncylinder einzusenken (siehe Fig. 18). Die negativen Elektroden, die ohne Schaden die Thonzelle berühren können, bestehen aus einem cylindrischen, nicht zu dünnen Platinbleche, oder besser nach dem Vorschlage Grüel's¹⁾ aus zwei Blechen, die kreuzförmig durcheinander gesteckt sind, oder, was am empfehlens-

Fig. 18.

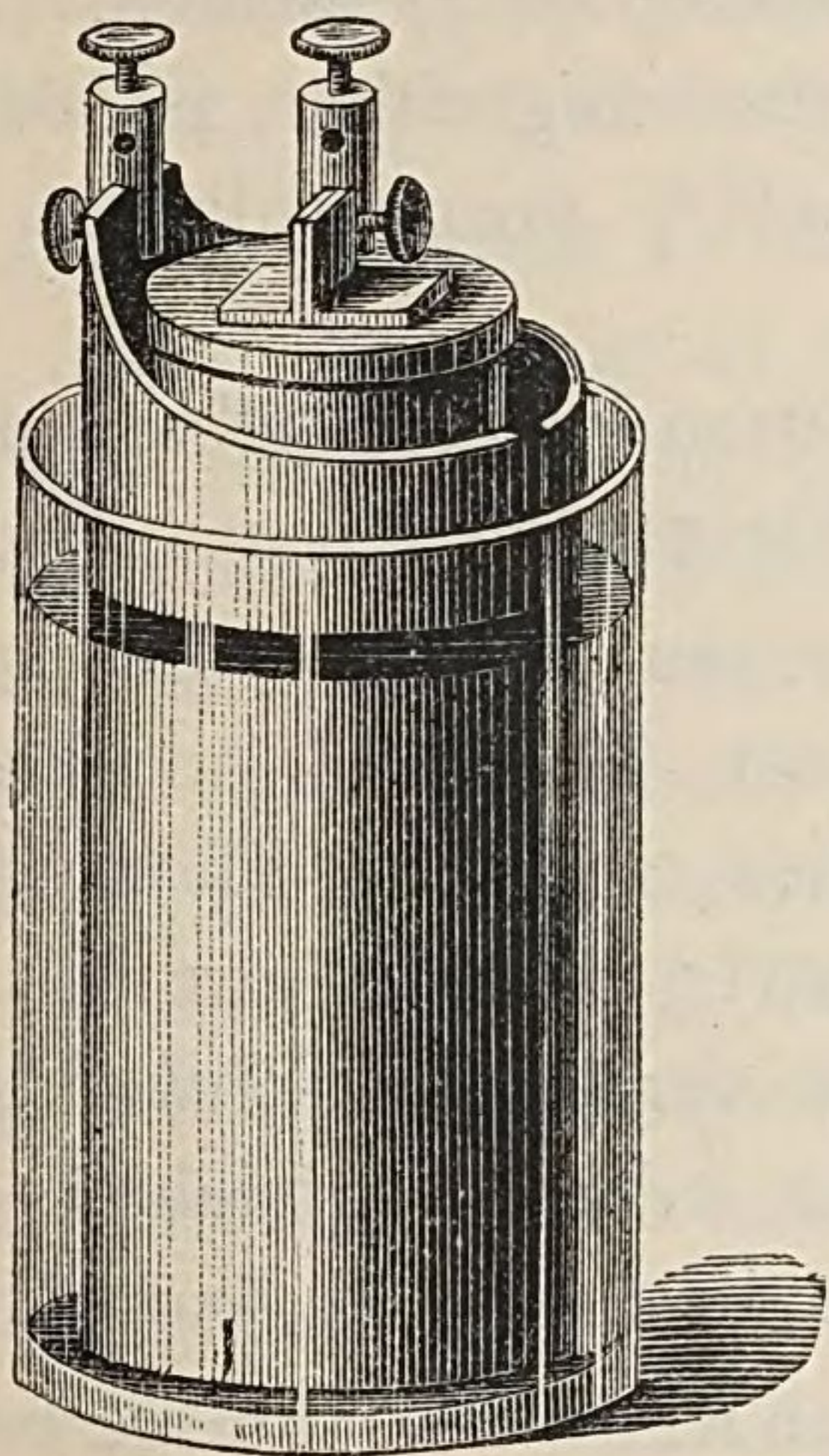
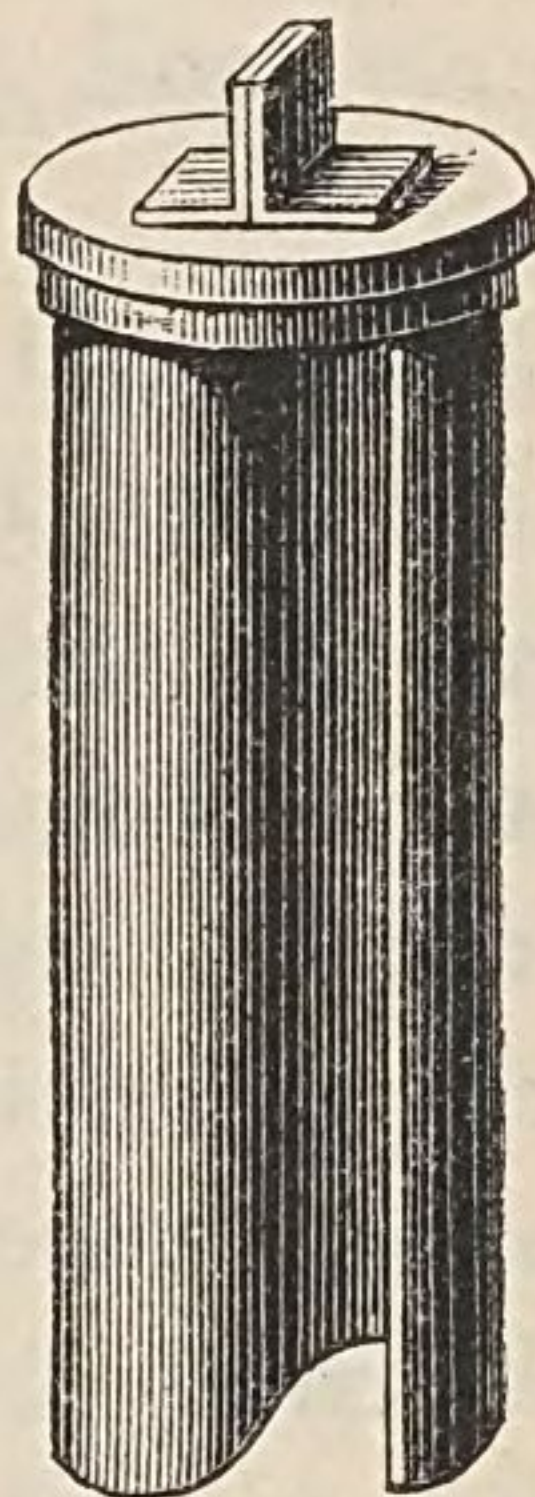


Fig. 19.



werthesten ist, nach Poggendorff's²⁾ Angabe, aus einem **S**-förmig gebogenen Platinbleche (siehe Fig. 19). Man kann die Elektrode auch nach einem anderen Vorschlage desselben Forschers³⁾ aus zwei **C**-förmig gebogenen, mit ihren convexen Seiten einander berührenden Platinblechen bilden, die an einem aufgeschlitzten Platindraht

¹⁾ Pogg. Ann. (1840) 51, 381. — ²⁾ Pogg. Ann. (1841) 54, 425. — ³⁾ Pogg. Ann. (1868) 134, 478.

festgenietet sind. Dieser selbst wird unten am Deckel durch eine Mutter aus dickem Platinblech festgehalten und trägt oberhalb die Verbindungsklemme. Damit die Platinbleche nicht spröde werden, müssen sie ab und zu auf Rothglut erhitzt werden.

Den Deckel kann man nach Morse¹⁾ auch aus Zeiodelit (Gemenge aus 20—30 Theilen Schwefel und 24 Theilen Glas- oder Bimssteinpulver) formen. Nicht so gut, weil durch Salpetersäure angreifbar, ist der von Böttger²⁾ und Poggendorff³⁾ vorgeschlagene Serpentin.

Wigner will zwei Zinkplatten in Quecksilber tauchen lassen, das den Boden des Elementengefäßes bedeckt.

Um die Diffusion des einen Elektrolyten in den anderen zu hindern, schaltet Morse⁴⁾ concentrirte Schwefelsäure mit Hilfe eines zweiten Thongefäßes dazwischen. Przibram, Scholz und Wenzel⁵⁾ verwenden zu demselben Zwecke verdünnte Schwefelsäure, O. Behrend⁶⁾ Sand, Asbest oder dergleichen. Wie schon früher (siehe S. 73) erwähnt, wächst dadurch Wi.

$E=1.6-1.9V$. nimmt nach Fromme⁷⁾ bei schwachen Strömen mit der Aenderung der Concentration der Salpetersäure von 96 zu 55 und zu 20% allmählich im Verhältnisse 399.3:360:336.2 ab. Aendert sich die Concentration der Schwefelsäure von 25—35%, so wächst E , fällt aber ziemlich schnell bei stärkeren Concentrationen. Bei den gewöhnlich verwendeten Procentgehalten

¹⁾ Arch. de l'Él. (1843) 3, 651. — ²⁾ Zeitschr. phys. Ver. zu Frankfurt 1862 bis 1863. — ³⁾ Pogg. Ann. (1864) 122, 496. — ⁴⁾ Arch. de Él. (1843) 3, 651; ähnlich Zalinski-Mikorski beim Bunsen-Element. — ⁵⁾ Zeitschr. Instrum. (1885) 5, 109. — ⁶⁾ Centralbl. Elektr. (1887) 9, 497. — ⁷⁾ Wied. Ann. (1879) 8, 326.

der Säure beträgt die Aenderung der elektromotorischen Kraft höchstens 2%. $W_i = 0.15$ O. für ein Element von 20 cm Höhe und 9 cm Durchmesser.

Löst man in der concentrirten Salpetersäure Chromsäure, überzieht das Platinblech mit Platinmohr, verwendet als Diaphragma Zellen aus Retortengraphit und stellt das Zink in Salzsäure, Schwefelsäure oder besser noch Alkalilauge, so erhält man nach J. Gesner eine sehr kräftige und constante Batterie.

Um das Element zu allgemeinem Gebrauch, für den es zu theuer ist, geeignet zu machen, ersetzt Callan¹⁾ das Platin durch platinirtes Blei. Die nicht mit Platin bedeckten Stellen überziehen sich mit einer schützenden Schicht von Bleisulfat, da der Flüssigkeit um die negative Elektrode auf 2 Theile concentrirter Salpetersäure 4 Theile concentrirte Schwefelsäure zugesetzt sind. Ein weiterer Zusatz von 2 Theilen concentrirter Salpeterlösung soll die Leitfähigkeit erhöhen. Die elektromotorische Kraft der sehr constanten Kette ist nach Poggendorff²⁾ gleich derjenigen der Grove'schen. Aus platinirtem dünnen Silberblech, Zink- und Chlorchromsäure (Lösung von z. B. 100 g Chromsäure in 200 cm³ Salzsäure) setzte Renard eine Kette für Zwecke der Luftschifffahrt zusammen.

Billiges Kathodenmaterial erhielt Cooper³⁾ durch Anwendung von Kohle oder Graphit, Schönbein⁴⁾ durch die von Retortenkohle.

Phil. Mag. (1847) 31, 81. — ²⁾ Pogg. Ann. (1847) 72, 495. — ³⁾ Phil. Mag. (1840) 16, 35. — ⁴⁾ Pogg. Ann. (1840) 49, 589.

Letzteren Vorschlag nahm Bunsen¹⁾ auf und bildete ihn weiter aus. Aus einem innigen Gemenge von 2 Theilen Backkohle und 1 Theil Koks werden Cylinder geformt und diese in Eisenblechformen Rothglut ausgesetzt. Um sie dichter und fester zu machen, werden sie nach Reiset²⁾ wiederholt mit concentrirter Zuckerlösung oder mit Steinkohlentheer getränkt und in den Formen unter Luftabschluss zur Weissglut erhitzt. Aus indischem Rohre hergestellte Faserkohle will Fisher³⁾ verwenden.

Die älteren Constructionen des Bunsen-Elementes werden kaum noch benutzt und seien deshalb auch hier nicht weiter besprochen.

Bei späteren Constructionen⁴⁾ steht in dem mit Salpetersäure vom specifischen Gewichte 1·31—1·38 gefülltem Glase der unten offene, am oberen Rande mit Wachs oder Paraffin getränkte Kohlencylinder. Dieser ist von Löchern durchsetzt, die von der äusseren zur inneren Wand schräg abwärts gehen und so ein leichtes Entweichen der Stickstoffoxyde gestatten. In dem Kohlencylinder steht die poröse Thonzelle, in dieser in verdünnter Schwefelsäure ein Blechcylinder oder ein gegossenes massives Kreuz aus amalgamirtem Zink. Zur Stromableitung und zur Verbindung mehrerer Elemente werden um den Kohlencylinder kupferne Ringe durch eine Schraube fest angezogen. An diesem befestigte Blechstreifen werden durch eine Schraube in dem Einschnitt des Bleistreifens festgehalten, der an den Zinkcylinder des nächsten Elementes angelöthet ist.

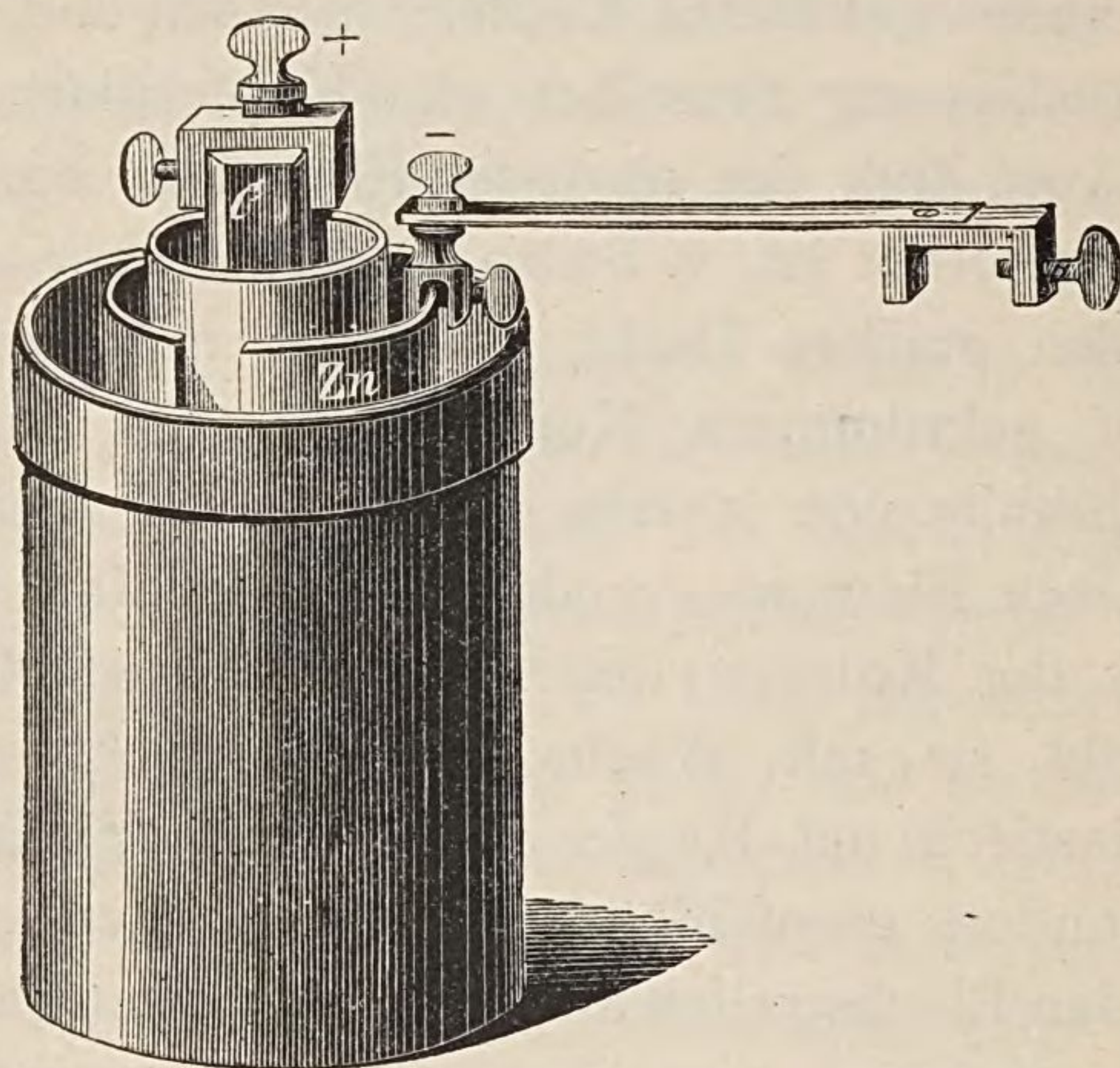
¹⁾ Pogg. Ann. (1842) 54, 417; 55, 265. — ²⁾ Ann. Chim. Phys. (1843) [3] 8, 35. — ³⁾ E. P. 15597/1891. — ⁴⁾ Vgl. Casselmann, Ueber die Kohlenzinkkette. Marburg 1844.

Siemens & Halske legen zwischen Kohlencylinder und Kupferring noch einen aufgeschnittenen Bleiring, an den nach Vorschlägen Girouard's¹⁾ zum besseren Contacte mit der Kohle noch ein Platinplättchen angelöthet wird, und verbinden den vom Kupferring ausgehenden Bleistreifen durch eine Klemmschraube mit einem in den Zinkcylinder des nächsten Elementes eingegossenen Kupferdraht. Stöhrer firnisst den an den Kohlencylinder gekitteten Kupferring innen und schraubt in eine Ausbiegung desselben eine Kupferplatte ein, die an einen vom Zink des nächsten Elementes kommenden Draht festgelöthet ist. v. Babo versieht einen vom Zink ausgehenden starken Draht am Ende mit einem innen platinirten gekrümmten Kupferblech, das durch eine Klemmschraube von aussen gegen den Kohlencylinder des nächsten Elementes gedrückt wird. Man umgiesst die Köpfe der Kohlencylinder wohl auch mit Gusseisen oder tränkt sie mit Wachs und überzieht sie dann galvanoplastisch mit Kupfer (Worlée²⁾). Einfach, aber nicht besonders empfehlenswerth ist es, den vom Zink ausgehenden Blechstreifen am Ende mit einem kupfernen Kegel zu versehen und diesen in eine entsprechende Vertiefung der Kohle einzudrehen. Am besten stellt man die Verbindungen wohl durch Klemmschrauben, die immer gut blank zu halten sind, her. Wie Fig. 20 zeigt, werden dann die Elektroden verschieden hoch gewählt und auch zuweilen umgekehrt als wie oben beschrieben angeordnet. Wenn die Zinkcylinder unten sehr stark angegriffen sind, was immer schneller wie oben geschieht, kehrt man sie um.

¹⁾ Mondes (1875) 37, 272. — ²⁾ Dingl. (1861) 160, 156.

Klemmen und Leitungsdrähte schützt man vor den Angriffen durch die Säuredämpfe nach Beilstein und J a w e i n ¹⁾ durch Einreiben mit Oleonaphta, Vaseline u. dgl. Die Belästigung durch die Stickstoffoxyde will Beetz ²⁾ dadurch vermeiden, dass er über die im Kreise angeordnete Batterie einen Glasmantel stülpt, der durch

Fig. 20.



einen eisernen Stab in der Mitte gehoben werden kann. An dem Stabe hängt ein mit gebranntem Kalk gefülltes Blechgefäß. Die Elemente sind mit Quecksilbernäpfen versehen, die mit ebensolchen in dem Holzdeckel des Glasmantels befindlichen in Verbindung gesetzt werden können. Chemische Mittel zur Zerstörung der Dämpfe werden wir weiter unten kennen lernen.

¹⁾ Zeitschr. anal. Ch. (1880) 19, 789. — ²⁾ Dingl. (1870) 198, 488.

Für gewöhnlich kann von den 45% N_2O_5 in der Salpetersäure vom specifischen Gewicht 1.31 nur etwa ein Viertel nutzbar gemacht werden, da durch das bei der Reduction der Salpetersäure gebildete Wasser diese verdünnt wird und schon bei einer Salpetersäure vom specifischen Gewicht 1.25 Polarisation und dadurch Schwächung der elektromotorischen Kraft eintritt, wenn etwas dichte Ströme entnommen werden. Durch einen Zusatz von concentrirter Schwefelsäure kann die Verdünnung der Salpetersäure vermieden werden. Eine weitere Ausnützung der Salpetersäure erzielt man auch, wenn man die Untersalpetersäure durch Einleiten von Luft wieder zu Salpetersäure oxydirt. Nach d'Arsonval¹⁾ ist es angebracht, mit der vierfachen Menge Wasser verdünnte Salpetersäure mit Kupfervitriol zu sättigen. Bei nicht sehr dichten Strömen löst sich dann das ausgeschiedene Kupfer gleich wieder, bei dichteren bleibt es abgeschieden, so dass in diesem Falle ein Daniell-Element vorliegt.

Lange gebrauchte Kohlencylinder werden nach Osann²⁾ durch Auskochen mit Wasser und Sodalösung, dann mit Wasser allein gereinigt. Nach jedem Gebrauche ist die Reinigung nicht vorzunehmen, da das Element nur dann sofort seine volle Wirksamkeit entfaltet, wenn die Kohle und der Thoncyylinder schon von Säure durchtränkt sind.

E nach Fromme³⁾ = 1.6—1.9 V., wenn die Kette durch grosse Widerstände geschlossen wird und die Salpetersäure noch mindestens 55% HNO_3 enthält. Bis

¹⁾ Lum. él. (1881) 3, 136, 196, 234, 264, 412; 4, 121. — ²⁾ Dingl. (1865) 178, 164. — ³⁾ Wied. Ann. (1879) 8, 326.

zu 20⁰/₀ bleibt sie ziemlich constant. Bei der Schliessung durch kleinere Widerstände ist sie grösser als die der Grove'schen. Sie bleibt nach Poggendorff¹⁾ bei Entnahme starker Ströme und längerem Gebrauch viel eher constant als die des Daniell'schen Elementes, da die Salpetersäure zehnmal so viel zur Oxydation des Wasserstoffes verwendbaren Sauerstoff enthält, als das Kupfersulfat. Wi ist im Durchschnitt etwas grösser als der des Grove'schen, aber immerhin etwa noch zweimal so klein als der des Daniell'schen Elementes.

Emmer²⁾ bildet die Elektroden aus mehreren horizontal über einander liegenden, durch Isolationsstücke getrennten und durch Bolzen leitend verbundenen Platten. Diese haben alle in der Mitte ein Loch, durch das die zur Aufnahme der anderen Elektrode bestimmte poröse Zelle geht. Die büchsenförmige Kohlenelektrode, die durch Pech in einen Behälter eingekittet ist, nimmt bei S. Miller³⁾ die depolarisirende Flüssigkeit und die poröse Zelle auf. Letztere ist durch eine poröse Wand in zwei ungleiche Behälter getheilt, einen für die Zink-elektrode und Wasser, den anderen für die Säure. Bei Davis⁴⁾ umschliesst die oben mit Flansch versehene Kohle zwei durch eine durchlochte Scheidewand getrennte Kammern. Die eine ist mit dem Depolarisator gefüllt und unten geschlossen. Die andere, unten offene, nimmt das Zink auf, das isolirt durch die Kohle geht. Der isolirende Gummiring ist mit Längsrinnen versehen, durch die Luft und Gase entweichen können. D'Almeida⁵⁾

¹⁾ Pogg. Ann. (1842) 57, 101. — ²⁾ A. P. 454724. — ³⁾ E. P. 14322/1888; A. P. 166177; F. P. 201018. — ⁴⁾ A. P. 489938. — ⁵⁾ Compt. rend. (1870) 71, 774.

und G a w a l o w s k i ¹⁾ stellen eine Bunsen-Batterie in der Form des Cruikshank'schen Trogapparates her. S a s c h i n o f f ²⁾ setzt das Element durch Umkehren ausser Thätigkeit. T o m m a s i glasirt die Thonzelle in der unteren Hälfte und füllt sie so weit mit Salpetersäure. Durch den Deckel der Zelle geht bis zur Mitte ein Kohlenstab, der den vierten Theil des Raumes der Zelle einnimmt, und ein Aluminiumstab mit einem daran hängenden Halbcylinder aus Porzellan, der ebenfalls den vierten Theil des Volumens der Zelle ausmacht. Wird dieser Porzellancylinder in die Salpetersäure gesenkt, so verdrängt er einen entsprechenden Theil, der dann die Kohle umspült. Die ringförmigen, mit einer Rinne zur Aufnahme von Quecksilber versehenen Zinke liegen in einer oberen Ausbuchtung des Elementenglases. C r o w d u s ³⁾ bildet einen Theil des Diaphragmas durch die Kohle selbst.

D e l a u r i e r und d' A r s o n v a l ⁴⁾ wollen die Polarisation vermindern, indem sie als negative Elektrode mehrere Kohlenstäbe anwenden, die oben mit einander verbunden sind. Den einspringenden Winkeln der kreuzförmig aus vier Kohlenplatten zusammengeschobenen positiven Elektrode stellt M a c D o n a l d ⁵⁾ dicht an der Aussenwand der Thonzelle vier Zinkstäbe gegenüber. P o u d r o u x ⁶⁾ gebraucht einen äusseren hohlen und einen inneren massiven Kohlencylinder. D e l e u i l ⁷⁾ wendet statt der künstlichen Kohle die an den Wänden der

¹⁾ Pogg. Ann. (1874) 153, 626. — ²⁾ Carl's Rep. (1870) 6, 171. — ³⁾ E. P. 5638/1891. — ⁴⁾ Lum. él. 3, 136. — ⁵⁾ A. P. 428116. — ⁶⁾ A. P. 457430. — ⁷⁾ Compt. rend. (1849) 28, 672.

Gasretorten sich ablagernde an, die sehr hart und wenig porös ist; Reinsch Koksstaub, in dem ein Koksstab steht.

Silliman¹⁾ formt die negative Elektrode aus einem Gemenge von Graphit und Thon, ebenso Faure²⁾. Letzterer gibt ihr eine flaschenförmige Gestalt, höhlt sie aus und füllt die Salpetersäure hinein.³⁾ Sie wird umgeben von dem in Schwefelsäure stehenden Zinkcylinder. Die elektromotorische Kraft soll um ein Zehntel kleiner sein als die eines Grove'schen Elementes. Die Leistungen scheinen nicht zu befriedigen.

¹⁾ Silliman's J. (1843) 44, 180. — ²⁾ Lum. él. 1879, 113. — ³⁾ Aehnliche Construction gaben schon früher Liais und Fleury (1852), sowie Miergues (1868) an.

d) Elemente nach dem Typus des Grove'schen und Bunsen'schen.

Die **negative Elektrode** ist auch vielfach aus Eisen, Silber, Aluminium und Antimon hergestellt worden.

Die Thatsache, dass Eisen in starker Salpetersäure in den passiven Zustand übergeht und durch die Oxyd-oxydulschicht, die diese Unlöslichkeit veranlasst, stark elektronegativ wird, hat zuerst Hawkins¹⁾ und ein Jahr später Olfers zur Construction von »Eisen-Elementen« benutzt. Man setzt entweder nach Callan's Vorschlag die massiven Eisenkreuze in die Thonzelle oder stellt nach Schönbein's²⁾ Anordnung in diese das Zink und umgiebt sie mit einem Gemisch aus 2 Theilen concentrirter Salpetersäure und 1 Theil concentrirter Schwefelsäure, das sich in einem gusseisernen Topf befindet. Die Constructionen von Wöhler und Weber, sowie von Belloni werden wir weiter unten besprechen.

Die Vorthelle dieser Elemente vor den Grove'schen und Bunsen'schen, denen sie nach E und W gleichen, bestehen darin,³⁾ dass die Anschaffungskosten

¹⁾ Phil. Mag. (1840) 16, 115. — ²⁾ Pogg. Ann. (1842) 57, 36; vgl. a. Poggendorff, ebenda (1841) 54, 430. — ³⁾ N.-Hck. 163.

geringer werden, die Elektroden fester sind, keine Salpetersäure zurückhalten und geringeren Widerstand besitzen, die Berührungsstellen leicht gereinigt werden können und kein Widerstand an der Befestigungsstelle der Poldrähte herrscht. Dagegen zeigen sie den Nachtheil, dass die Elektroden ziemlich schwer sind und dass sie sich, wenn die Salpetersäure verdünnter wird, darin lösen. Aus diesem Grunde, und weil sich bald ein in der Säure unlösliches Eisensalz bildet, kann die Salpetersäure nicht sehr lange verwendet werden. U e l s m a n n ¹⁾ schlägt als negative Elektrode Siliciumeisen vor, da dieses sich weder in concentrirter noch in mässig verdünnter Salpetersäure löst. Man kann mit dieser Elektrode 10% des Salpetersäuregehaltes mehr ausnutzen als mit der einfachen Eisenelektrode. ²⁾

B o u i l l o n ³⁾ verwendet als elektronegatives Metall Silber in Königswasser; W ö h l e r ⁴⁾ Aluminium, das dabei passiv wird, in concentrirter Salpetersäure und stellt ihm als positive Elektrode Aluminium in sehr verdünnter Natronlauge oder Salzsäure gegenüber, anstatt dessen man natürlich auch Zink in Schwefelsäure nehmen kann, wie B u f f (1857) that; $E = 1.44$ V.; K u k l a ⁵⁾ Antimon oder Phosphor- oder Chromantimon oder andere Antimonlegirungen in Salpetersäure unter Zusatz von etwas Braunstein, während durch ein Diaphragma getrennt davon amalgamirtes Zink in Kochsalzlösung steht; B ö t t g e r Antimon in Schwefelsäure gegenüber amal-

¹⁾ Pol. Notizbl. (1881) 36, 285. — ²⁾ Zeitschr. angew. Elektricitätslehre (1881) 3, 78. — ³⁾ Compt. rend. (1866) 63, 943. — ⁴⁾ Götting. Nachr. Beibl. 1880, 441. — ⁵⁾ Athen. 1853, 1166.

gamirtem Zink in einem Gemisch von Natriumchlorid- und Ammoniumsulfatlösung.

De Méritens verwendet nach Maleterra¹⁾ mit platinirtem Blei bedeckte Kohlenplatten. Das entstehende Zinksulfat soll unter Verwendung von Eisenanoden zerlegt werden. Die Behauptung, dass so billig Ströme im Grossen erzeugt werden könnten, ist unter Anderem durch thermochemische Berechnungen Umbreit's²⁾ u. A.³⁾ widerlegt worden. Die Kosten werden vielmehr mindestens dreimal so hoch wie bei Maschinenbetrieb. Bestätigt wurden die Zweifel durch Versuche Hospitalier's⁴⁾. E der offenen Kette war 1·8 V., sank aber sogleich nach Schluss auf 0·8 V. Bei Entnahme von 6·8 A. fiel sie von 0·68 auf 0·5 V., wenn bis zur halben Erschöpfung der Flüssigkeit gearbeitet wurde. Zur Erzeugung von 1 K W-St. wurden 5—7 kg Schwefelsäure von 66 Grad Bé. und 2·18 kg Zink im Gesamtwerthe von 2½ Frs. verbraucht. Neuerdings will die Société anonyme des brevets étrangers de Méritens⁵⁾ den positiven Pol aus zwei einen geschlossenen Raum einschliessenden platinirten Bleiplatten bilden. Um die Gase leicht und rasch abzusaugen, sind die Platten von Einschnitten oder pyramidenförmigen Löchern durchbrochen, die unter einem Winkel von 45 Grad verlaufen. In den Lochwandungen liegt das Blei frei.

Um den Depolarisations-Elektrolyten besser auszunutzen, will Schönbein im Grove-Elemente auf 2 Theile Salpetersäure 1 Theil Schwefelsäure, Leroux⁶⁾

¹⁾ Lum. él. (1891) 39, 331, 470. — ²⁾ El. Anz. 1891, 431. — ³⁾ Tel. J. a. El. Rev. (1891) 28, 226. — ⁴⁾ Electricien Paris [2] 1, 159, 243, 437. — ⁵⁾ D. P. 65488. — ⁶⁾ Compt. rend. (1853) 37, 355.

im Bunsen-Elemente auf 1 Theil Salpetersäure 10 bis 20 Theile Schwefelsäure, W i g n e r auf 2 Theile Salpetersäure 5 Theile Schwefelsäure zusetzen. S o s n o w s k i's Element, aus Kohle in einem Gemisch von 1 Volumen Salpetersäure von 36 Grad Bé., 1 Volumen Schwefelsäure von 26 Grad Bé., 1 Volumen Salzsäure und 1 Volumen Wasser, und aus Zink in Potasche- oder Sodalösung bestehend, zeigt nach E. M e y l a n $E = 2.37$ V. Diese Elemente dürften kaum constant sein.

Für die Wahl der richtigen Ersatzmittel ist nach G. W i e d e m a n n ¹⁾ zu berücksichtigen:

1. Ob sie die Polarisation aufheben, und wie gross die Stromdichte sein kann, bei der dies noch stattfindet. ²⁾

2. Wie viel zur Oxydation verwendbaren Sauerstoff sie im Vergleich zur Salpetersäure liefern können.

3. Wie gross elektromotorische Kraft und innerer Widerstand im Verhältniss zu denselben Grössen bei der mit Salpetersäure beschickten Kette sind.

4. Wie theuer die zur vollständigen Oxydation des Wasserstoffes nöthige Substanzmenge ist.

Ueberhaupt ist zu bedenken, dass nach Untersuchungen S p r a g u e's ³⁾ Salpetersäure am besten depolarisirt, weniger gut Chromsäure und Natriumbichromat, viel schlechter Kaliumbichromat. E kann nach B u r c h und V e l e y ⁴⁾ durch künstlichen Zusatz von salpetriger Säure zur Salpetersäure erhöht werden.

¹⁾ Wn. I, 875. — ²⁾ Vgl. d'Arsonval, Lum. él. (1881) 4, 412. — ³⁾ Tel. J. a. El. Rev. (1891) 28, 453. — ⁴⁾ El. Eng. Lond. (1890) 6, 512.

Kaliumnitrat oder Natriumnitrat, die von Makrell¹⁾ und Dero y (1848) vorgeschlagen wurden, sind, wenigstens allein, nicht wirksam genug. Besser depolarisiren sie zusammen mit Salzsäure, wie Dering²⁾ und Leblanc empfohlen haben, oder mit Schwefelsäure, die Leblanc, Holmes, Emmens und Bourke³⁾, Tommasi und Buffet⁴⁾ zusetzen. Das letztere Gemisch gestattet die Verwendung von platinirtem Kupfer an Stelle von Platin. L. & G. Hoppe⁵⁾ stellen die Kohle in eine stark concentrirte Lösung von Salpeter, Eisensalz und Schwefelsäure, das Zink in Kaliumchloridlösung. Dupré⁶⁾ erhöht die Wirkung durch Zusatz von Kaliumbichromat zu dem Salpetersäuregemenge, ebenso S. Miller⁷⁾, der auch noch Natriumchlorid zufügt. Das von Mullins⁸⁾ vorgeschlagene und z. B. von Leblanc und Wolcott Gibbs angewendete Ammoniumnitrat zeigt dieselbe Schwäche wie das Kaliumnitrat und Natriumnitrat.

Den Luftsauerstoff will d'Arsonval⁹⁾ dadurch zur Depolarisation dienstbar machen, dass er ihn durch eine die Kohle umgebende Lösung von Kupferchlorür in Salzsäure absorhirt.

Verwendet man nach dem Vorschlage Landolt's 2·25%ige Lösung von Wasserstoffsuperoxyd als Depolarisator, so zeigt E der Ketten nach A. König¹⁰⁾ im Vergleich zum gewöhnlichen Grove- und Bunsen-Element folgende Werthe:

¹⁾ Phil. Mag. (1842) 21, 61. — ²⁾ Dingl. (1856) 180, 332. — ³⁾ Elektr. Zeitschr. (1885) 6, 34. — ⁴⁾ Bède u. Lucion, Rev. intern. de l'él. (1890) 11, 404. — ⁵⁾ D. P. 49208. — ⁶⁾ Polyt. Notizbl. (1885) 40, 236. — ⁷⁾ E. P. 14323/1888. — ⁸⁾ Inst. 1842, 429. — ⁹⁾ Compt. rend. (1885) 100, 1165. — ¹⁰⁾ Wied. Ann. (1882) 17, 347.

	im Anfange	nach 50 Minuten
Gewöhnliches Grove-Element . . .	1.74 D.	1.65 D.
Grove-Element mit $H_2 O_2$. . .	1.43 D.	1.21 D.
Gewöhnliches Bunsen-Element . . .	1.67 D.	1.50 D.
Bunsen-Element mit $H_2 O_2$. . .	1.41 D.	1.32 D.

Durch Zusatz von Schwefelsäure zum Wasserstoff-superoxyd wird die elektromotorische Kraft noch weiter herabgedrückt.

H. N. Warren¹⁾ stellt die Kohle in concentrirte Arsensäurelösung, $E = 1.5 V.$; Van den Eynde in Alaun; Delaurier in eine Lösung aus 29 Th. Bleiacetat und 7 Th. Natriumchlorid oder Calciumchlorid oder Kaliumacetat in 10 Th. Wasser.

Durch Zinnchlorid depolarisirt L. Maîche (bei Zink in verdünnter Salzsäure $E = 1.5 V.$). Das von Daniell²⁾ vorgeschlagene Platinchlorid-Element ist für die Praxis zu theuer, noch dazu, da E nach Jacobi³⁾ nur $\frac{2}{3}$ der des Grove'schen beträgt.

Ein Eisenchlorid-Element stellte auf Anregung von J. von Liebig zuerst H. Buff⁴⁾ zusammen. Säuert man die Chloridlösung mit 4—5% des Salzes an concentrirter Salzsäure an, oder setzt man ihr nach Gérardin⁵⁾ Königswasser zu und verwendet an Stelle der verdünnten Schwefelsäure concentrirte Natriumchlorid-

¹⁾ Chem. N. (1890) 62, 4. — ²⁾ Introduction to Chemical Philosophy. —

³⁾ Pogg. Ann. 53, 344. — ⁴⁾ Ann. Chem. Pharm. (1854) 92, 117. — ⁵⁾ Compt. rend. (1869) 62, 700.

lösung, so ist bei nicht zu dichten Strömen die elektromotorische Kraft, die des Daniell-Elementes gleich 100 gesetzt, 130—137 gegen 178 beim Bunsen-Element. Wenn es gelänge, das Element constanter zu machen, würde sich sein Gebrauch empfehlen, da es billig zu unterhalten ist, nicht, wie das Bunsen'sche, schädliche Dämpfe ausstösst und eine grössere elektromotorische Kraft und eine längere Lebensdauer besitzt als das Daniell'sche. Duchemin¹⁾ verwendet nicht angesäuerte 30grädige Eisenchloridlösung und im Anodenraum Natriumchloridlösung ($1.25 : 1$); $E = 1.35$ V. L. Ponci²⁾ setzt ein Element aus Kohle in Eisenchloridlösung, Diaphragma, darin Eisen in Eisenchlorürlösung zusammen (beide Flüssigkeiten 35^0 Bé.); $E = 0.99$ V. Auch Bacco³⁾, Guignet⁴⁾ und Reynolds⁵⁾ schlugen Eisenoxydsalze als Depolarisatoren vor. Delaurier⁶⁾ verwendet Ferrisulfatlösung mit freier Schwefelsäure und als positives Metall Eisen. Seneet schlägt Eisenammoniakalaun vor. Lacombe regenerirt das durch Sauerstoffabgabe reducirte Ferrisalz, indem er ihm von vornherein eine gesättigte Kaliumchloratlösung und Schwefelsäure zusetzt. Gassner⁷⁾ imprägnirt die Kohle mit Eisenoxydhydrat und nimmt als Elektrolyten ein Ammonsalz. Wilbrant verwendet im Kathodenraum Ferrosulfatlösung, die festes Salz enthält, im Anodenraum Ammoniumchloridlösung.

¹⁾ Compt. rend. (1865) 60, 458; vgl. a. A. v. Echer, Pogg. Ann. (1866) 129, 93. — ²⁾ L'Elettricista (1877) 1, 334. — ³⁾ Le Technologiste 1861, 73; Dingl. (1866) 160, 75. — ⁴⁾ Compt. rend. (1853) 37, 174. — ⁵⁾ Polyt. Centralbl. 1865, 618. — ⁶⁾ Compt. rend. (1868) 67, 529. — ⁷⁾ Lum. él. (1888) 30, 335.

Ungenügend ist das von *Guerin*¹⁾ angegebene Kaliumferricyanid.

Bei gleichem Widerstande wie im Bunsen-Element erhält man $E = 2.35$ V., wenn man nach *Koosen*²⁾ das Platin des Grove-Elements in eine mit dem 30. Theil Schwefelsäure versetzte Lösung von Kaliumpermanganat taucht, die beständig concentrirt zu halten ist. Um stärkere Wirkungen zu erzielen, werden mehrere dünne Platinbleche fächerförmig vereinigt. Bei kleinen Dichten ist der Strom sehr constant, bei grösseren schwächt er sich bald durch Ablagerung von Manganoxydhydrat auf dem Platin, das nur durch Erschütterungen oder Kurzschluss entfernt werden kann.³⁾ Billiger und sauerstoffreicher als das Kaliumpermanganat ist das Natriumsalz, worauf *Girouard*⁴⁾ aufmerksam macht.

Ein besonders präparirtes Mangansalz gibt *H. N. Warren*⁵⁾ in den Kathodenraum, der ausserdem einen platinirten Bor-Kohlenstoff-Cylinder enthält. $E = 3$ V. bei 2.5 A. Nur theoretisches Interesse besitzt die Combination von *Beetz*: Braunstein in Kaliumpermanganatlösung, die mit Salpetersäure versetzt ist, Thonzelle, Kaliumamalgam in Kalilauge; $E = 3.27$ V.

Kaliumchromat, das *Bunsen*⁶⁾ versuchte, bewährt sich nicht. Dagegen erhält man gute Wirkungen, wenn man die Salpetersäure durch Chromsäure oder die auf S. 18 u. 20 angeführten Chromsäuregemische ersetzt.⁷⁾

¹⁾ Compt. rend. (1875) 80, 387. — ²⁾ Pogg. Ann. (1871) 144, 627; Jubelbd. (1874), 251. — ³⁾ Vgl. a. *Vohwinkel*, Dingl. (1885) 256, 218. — ⁴⁾ Mondes (1878) 36, 187. — ⁵⁾ Chem. N. (1895) 71, 2. — ⁶⁾ Pogg. Ann. (1841) 104, 420. — ⁷⁾ Ketten von *Jarriant-Goldner*, *Radiguet*, *Baudet*, *Fuller*, *Goarant de Tromelin* und *Nystrom* siehe T. 200 ff.

Dadurch nimmt nach Clifton¹⁾ E des Grove-Elements (wie es z. B. Faure vorgeschlagen hat) um 10⁰/₀, nach Poggendorff²⁾ die des Bunsen'schen um 2·5⁰/₀, nach Fromme³⁾ bei beiden, wenn sie offen sind, um 4⁰/₀ zu. Die des abgeänderten Bunsen-Elements bleibt auch bei Entnahme starker Ströme constant. Verwendet man nicht die Bunsen'sche Chromsäure-Mischung, so wächst W_i bedeutend, weil sich Chromoxyd in den Poren des Thoncylinders abscheidet. Dasselbe geschieht nach d'Arsonval⁴⁾, wenn man grob gestossene Kohle gebraucht. Die Polarisation, die auch sonst bei grösserer Stromdichte nicht ausbleibt, macht sich dann schnell bemerkbar. Ein viel constanteres Element mit geringerem Widerstande und der elektromotorischen Kraft 2·10—2·44 V. erhält man nach Gaudini⁵⁾ beim Erwärmen auf 100 Grad. Die Depolarisation kann unterstützt werden durch Einblasen von Luft, Bewegung⁶⁾ und Circulation des Elektrolyten, den man am Boden der Gefässe ein- und oben abfliessen lässt, oder umgekehrt, wobei die Elemente nach Camacho in Cascaden angeordnet werden.

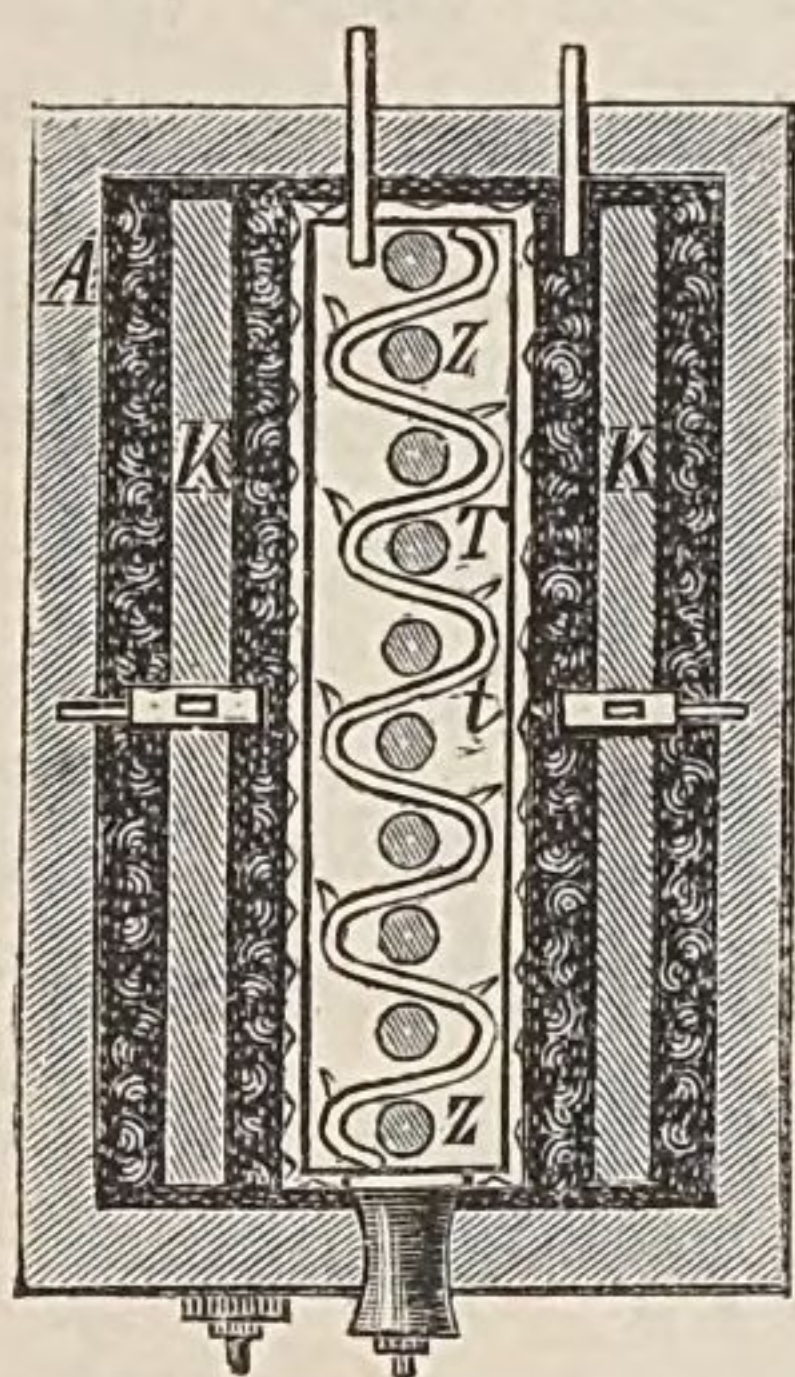
Eine recht brauchbare Circulationsbatterie hat Pollak (Frankfurter Accumulatoren-Werke C. Pollak & Co.⁷⁾) construiert. Durch gleichmässige Zuführung neuer Flüssigkeit wird E und W_i constant gehalten, die Lösungselektrode gleichmässig und vollkommen abgenutzt und eine hohe Stromstärke erzielt.

¹⁾ Proc. Roy. Soc. (1877) 26, 299; Wied. Beibl. 1, 566. — ²⁾ Pogg. Ann. (1845) 70, 60. — ³⁾ Wied. Ann. (1879) 8, 350. — ⁴⁾ Lum. él. (1881) 4, 121. — ⁵⁾ Nature (1881) 6, 89; Wied. Beibl. 6, 592. — ⁶⁾ Badcock, Grunsell u. Walkeb, E. P. 19199/1888. — ⁷⁾ D. P. 64533/1890; El. Anz. 1893, 850, 907.

Die Batterie ist stets betriebsbereit und bedarf geringer Wartung.

Die einzelnen Elemente sind Chromsäure-Bunsen. Der Raum zwischen den an den Längswänden des irdenen Gefäßes t (siehe Fig. 21) stehenden beiden Kohlenplatten K und der porösen Zelle T ist mit Kohlenklein ausgefüllt. In der Zelle taucht in eine Quecksilberschicht die Anode. Um die Zinkstäbe z besser auszunutzen,

Fig. 21.



sind sie mit einem dünnen gewellten Kupferblech combinirt. Die Elektrodenoberfläche wird durch Nachstecken von Zinkabfällen möglichst constant gehalten. Die combinirte Elektrode verhält sich wie eine einfache Zinkelektrode, da durch den zwischen Kupfer und Zink entstehenden Strom das Kupfer polarisirt wird und dadurch die Spannung zwischen den beiden Metallen auf Null sinkt. Da die Zelle mit Zinksulfatlösung gefüllt ist, tritt

Depolarisation des Kupfers ein. In der Ruhe findet also so gut wie kein Zinkverbrauch statt. Um ein Ueberlaufen der das Kohlenklein benetzenden Chromsäure zu verhindern, sind Ueberläufe u_1 u_2 (siehe Fig. 22) vorhanden. Aus ihnen kann die Säure in eine Sammelrinne s und von da in den Abflussbehälter A gelangen. Damit eine der Arbeitsleistung entsprechende Menge Säure und zwar jedem Elemente gleich viel zugeführt werden kann, ist über einem Gefässe B (Fig. 23), das so viel Abtheilungen I, II, III, IV enthält als Elemente vorhanden sind, um eine Achse a drehbar ein Kippgefäß K (Fig. 24)

Fig. 22.

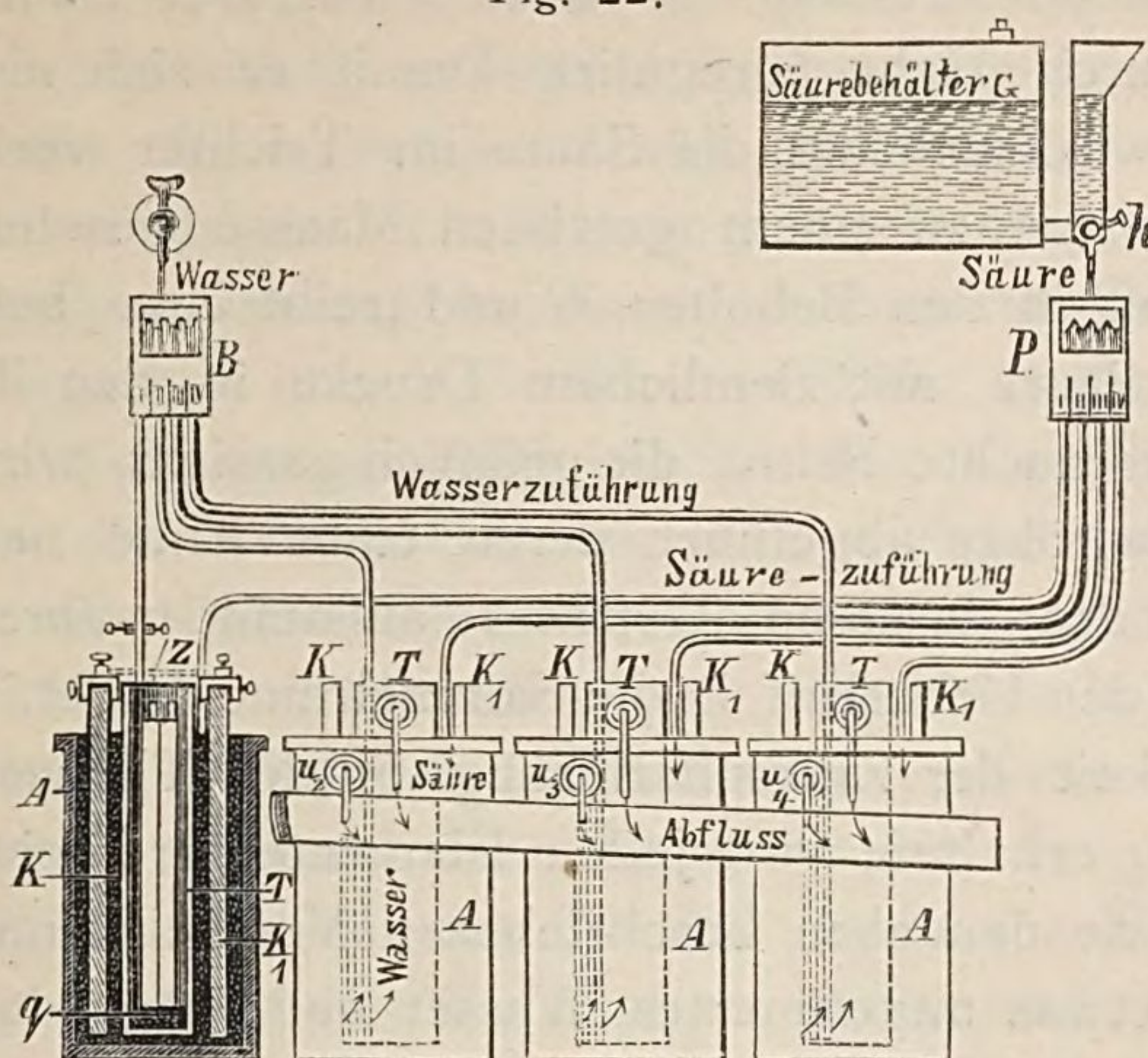


Fig. 23.

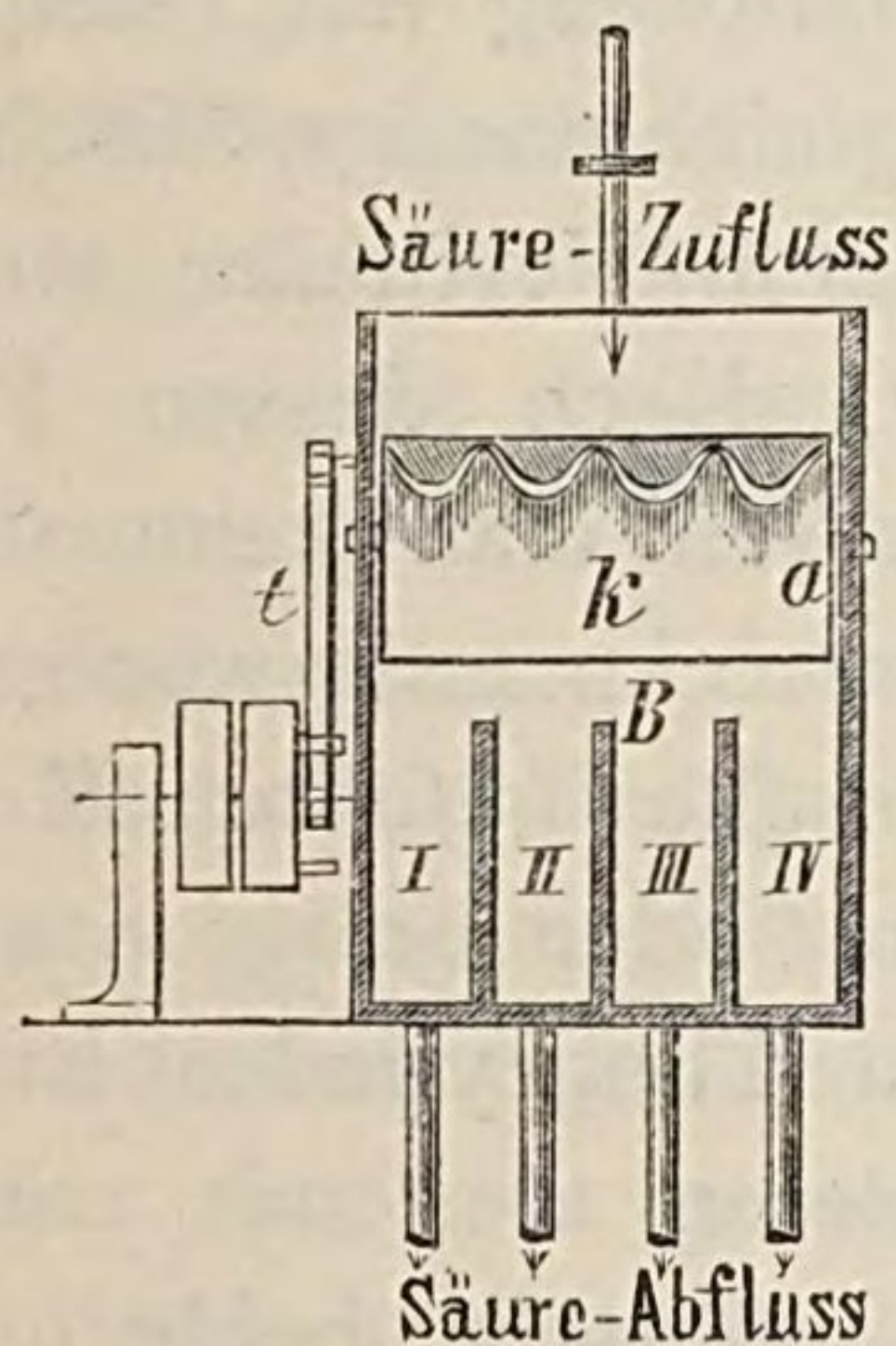
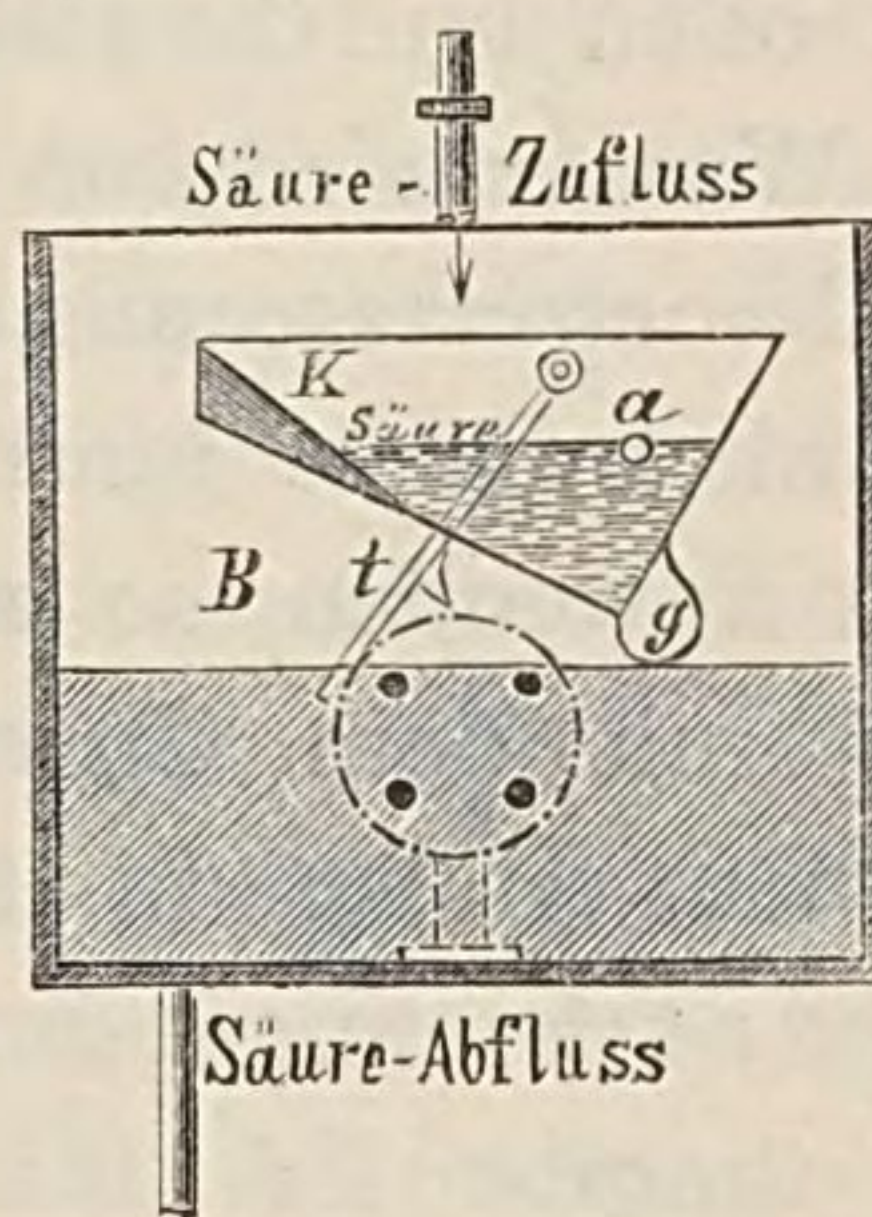


Fig. 24.



angebracht, das an dem Ausflusse wellenförmig mit einer entsprechenden Anzahl Rinnen versehen ist und im leeren Zustande durch ein Gegengewicht g in der

gezeichneten Stellung gehalten wird. Der Säurezufluss wird durch Hahn *h* regulirt. Damit er sich nicht verstopft, wird zunächst die Säure im Trichter verbraucht. Ist dies bis zu einem gewissen Maasse geschehen, so tritt Luft in den Behälter *G* und treibt eine bestimmte Menge Säure mit ziemlichem Drucke in den Trichter. Die verbrauchte Säure, die grünlich aussieht, wird durch eine Glasröhre abgeführt, deren eines Ende nahe dem Boden des äusseren Gefässes aufsteht, während das andere den Ueberlauf in die Sammelrinne bildet. Um die Dichtigkeit der Zinksulfatlösung in der Thonzelle constant zu erhalten, wird jedem Elemente durch einen ähnlichen wie den eben beschriebenen Vertheiler mit Kippgefäss etwas angesäuertes Wasser von unten durch ein auf dem Boden der Zelle stehendes Glasrohr mit unterem seitlichen Ausflusse zugeführt. Da das Wasser eine geringere Dichte als die Zinksulfatlösung hat, steigt es nach oben und bewirkt so eine gleichmässige Mischung. Das Wasser wird von einem über dem Vertheiler stehenden Thongefässe aus angesäuert, durch dessen Poren allmählich Säure hindurchsickert. Will man keine Circulation anwenden, so stülpt man zweckmässig wenigstens einen mit dem Chromsäuregemische gefüllten Kolben mit dem Halse in das Element oder bringt nach C. Baudet in einen durchlöcherten Thoncylinder Bichromat, umgibt ihn mit einem anderen, der mit concentrirter Schwefelsäure gefüllt ist, und stellt beide in das Diaphragma, welches das Zink enthält.

Ein Chromsäure-Bunsenelement mit sehr grosser Elektrodenoberfläche (8485 cm^2 Kohle bei einer Grösse des Behälters von $20 \times 20 \times 23 \text{ cm}$) ist das Kolon-

Element.¹⁾ An seinen Kasten aus Hartgummi legt sich eng das rechtwinklig gebogene Zink an, das in Schwefelsäure steht. Es umschliesst das gleichzeitig als Diaphragma dienende, mit Chromsäuremischung gefüllte Kohlengefäss, das eng an einander stehende Zwischenwände besitzt. E über 2 V.; $W_i = 0.025 O.$; Capacität bei mässigen Entladungen 300 A.-Std. Mc. Cullough²⁾, der um die Kohle eine mit Schwefelsäure versetzte Lösung von Kaliumbichromat, Kaliumpermanganat und Natriumchlorid, um das Zink eine von Zinksulfat bringt, nimmt beide Elektroden doppelt, sodass immer ein Paar ruhen kann, während das andere arbeitet.

Die Chromsäure oxydirt die durch die Stromeswirkung entstandene Untersalpetersäure und anderen Stickstoffoxyde wieder. Deshalb geben Ruhmkorff (1867), Sharples³⁾, Levison⁴⁾, Böttger⁵⁾, Worlée⁶⁾, Gibbs⁷⁾ und Dupré⁸⁾ zur Salpetersäure überschüssiges Kaliumbichromat, das mit Wasser erst zu einem Brei angerührt werden kann. W_i steigt dadurch allerdings um die Hälfte, verglichen mit einem Bunsen-Element, aber E ist ungefähr die gleiche, ebenso bei Verwendung von Ammoniumnitrat anstatt Bichromat. Rouse setzt der Salpetersäure Bleisuperoxyd, Thann Chlorchromsäure, d'Arsonval⁹⁾ Harnstoff zu. Reed¹⁰⁾ verwendet als Depolarisationsmittel eine mit etwas Schwefelsäure versetzte Lösung von 3 Th. Chromsäure und 1 Th. Ammoniumchlorid, Chapman Andersen¹¹⁾ ein

¹⁾ Western El. (1892) 11, 66. — ²⁾ A. P. 451948. — ³⁾ Sill. Amer. J. (1871) [3] 1, 247. — ⁴⁾ Dingl. (1872) 203, 384. — ⁵⁾ Dingl. (1872) 203, 154. — ⁶⁾ Polyt. Notizbl. (1872) Nr. 1. — ⁷⁾ Ber. (1876) 9, 186. — ⁸⁾ Compt. rend. (1885) 100, 987. — ⁹⁾ Compt. rend. (1885) 100, 1165. — ¹⁰⁾ E. P. 13807/1890. — ¹¹⁾ Lum. él. (1881) 3, 254.

Gemisch aus Kaliumbichromat und Kaliumchromioxalat in Salzsäure, während das Zink in Ammoniumchloridlösung steht. Liebert¹⁾ benutzt eine Lösung von Chromsesquichlorid in der äquivalenten Menge Salzsäure.

Molybdän-Salpetersäure oder eine Lösung von Ammoniummolybdat in Salpetersäure bildet den Depolarisator bei der Modification des Bunsen-Elementes von Oppermann²⁾. Die Stickoxyde werden durch Kaliumpermanganatlösung oxydirt. Diese befindet sich in einer rinnenähnlichen Umbiegung des Randes eines Porzellandeckels, der die Thonzelle verschliesst. Um das Diaphragma steht Zink in 35%iger Natriumchloridlösung, oder, bei starker Stromentnahme, in Ammoniumchloridlösung. Der äussere Glascylinder soll das vierfache Volumen fassen wie die Thonzelle.

Chlorsäure an Stelle der Salpetersäure im Grove-Elemente zu verwenden, wie es F. Leblanc³⁾ vorschlug, ist wegen des hohen Preises dieser Verbindung praktisch nicht durchführbar. Ein Gemisch von Kaliumchlorat und Schwefelsäure, das viel billiger ist, bewährte sich bei Versuchen von Renoux und Salleron⁴⁾ nicht, obgleich es fünfmal so viel activen Sauerstoff zu liefern vermag wie Kupfersulfat. Case⁵⁾, der ein Platin-Kohle-Schwefelsäure-Chlorsäure-Element von der elektromotorischen Kraft 1.25 V. zusammenstellte, fand, dass unter dem Einflusse des Lichtes leicht Explosionen eintreten. Kaliumchlorat allein bewährte sich bei Versuchen Bunsen's⁶⁾ ebenfalls nicht, weil das durch Elektrolyse

¹⁾ D. P. 49655. — ²⁾ D. P. 75840/1893; Elektroch. Zeitschr. (1894) 1, 62. —

³⁾ Ann. Chim. Phys. (1870) [4] 25, 289. — ⁴⁾ Compt. rend. (1859) 48, 122. —

⁵⁾ Elektrot. Zeitschr. (1887) 11, 506. — ⁶⁾ Pogg. Ann. (1841) 104, 420.

an der Kohle entstehende Kaliumhydroxyd die Wirksamkeit des Stromes beeinträchtigt. Vergnes setzt Kaliumchlorat dem Chromsäure-Gemische zu ($1 \text{ K Cl O}_3 : 16 \text{ K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$). Mauri verwendet als Depolarisator 50 g Kaliumchlorat, 25 g Kaliumnitrat, 4 g Quecksilberchlorid und 5 g Jod. In diesem Gemisch bildet sich beim Zutropfen verdünnter Salzsäure Chlor und Chlorjod. Das Zink steht in Salzwasser oder verdünnter Salzsäure.

Praktisch wohl kaum angewendet sind ferner die Vorschläge, die Salpetersäure durch Braunstein und Kochsalz (Bunsen¹⁾, oder durch Braunstein und Schwefelsäure oder Salzsäure (Leroux²) zu ersetzen. Besser bewährt sich die von Faure³) angewendete unterchlorige Säure, die vortheilhaft durch Chlorkalk ersetzt wird, obgleich dieser keine vollständige Depolarisation herbeiführen kann. Niaudet⁴) umgibt die Kohlenplatte mit einem Gemenge von Kohlenstücken und Chlorkalk, das sich in einem Diaphragma aus Thon oder Pergamentpapier befindet, und stellt das amalgamirte Zink in Natriumchloridlösung (24:100). Das Zink nutzt sich bei geöffnetem Elemente nicht ab. $E = 1.6 \text{ V}$. Natriumhypochlorit verlangsamt nach Niaudet die Polarisation nicht. Die Salpetersäure nach dem Vorgange d'Arsonval's⁵) durch Königswasser zu ersetzen, bietet nach Leblanc⁶) keine besonderen Vorthteile. Muthel⁷) depolarisirt mit Chlor, das er durch die Salzsäure an

¹) Pogg. Ann. (1841) 104, 420. — ²) Compt. rend. (1853) 37, 588. — ³) Compt. rend. (1871) 73, 890. — ⁴) Compt. rend. (1879) 89, 703. — ⁵) Lum. él. (1881) 4, 121. — ⁶) Ann. Chim. Phys. (1870) [4] 25, 289. — ⁷) Polyt. Notizbl. (1886) 41, 120; vgl. a. Woodehouse und Rawson, Centralbl. Elektrot.

der Kohlenelektrode leitet. H. N. Warren¹⁾ ersetzt die Salpetersäure im Grove-Element durch Brom.

Den Depolarisator des Bunsen-Elementes hat Weymersch auf eine geheim gehaltene Art abgeändert. Alabaster, Gatehouse & Co.²⁾ fanden, dass 5 hintereinander geschaltete Zellen, die von der India Rubber Co., Silvertown, fabriksmässig hergestellt werden, $31\frac{1}{2}$ Std. lang bei einem Spannungsabfall von 7% etwa 10 A. gaben. Die nutzbare Arbeit betrug 1955 Watt-Std. Wi ziemlich constant = 0.12 O. Der Zinkverbrauch ist 10% grösser als der berechnete. Später fanden dieselben Untersucher³⁾ bei kleineren Zellen, von denen je 6 in einem Kasten von 3 Fuss $\times$ 9 $\times$ 16 Zoll standen, den Zinkverbrauch um 28% grösser als den theoretischen. Constanten einer Batterie von 42 Zellen: $E=84$ V., $Wi=4.3$, später 3 O. Kosten von 1000 Watt-Std. 2 sh.

Als Ersatz des elektropositiven Zinks schlägt Maquay eine Legirung aus 95 Th. Zink, 2 Th. Zinn, 2 Th. Blei und 1 Th. Quecksilber vor. Diese Legirung steht in Schwefelsäure oder Natriumchloridlösung. Die Kohle wird mit einer dünnen Schicht Schwefel bedeckt und in ein Gemisch aus 35—40 Th. Kaliumbichromat, 10—20 Th. Schwefelsäure und 40—55 Th. Salpetersäure getaucht. Auch Magnesium ist vorgeschlagen. Steht es in Magnesiumchloridlösung, so ist nach Heim⁴⁾ E , wie schon früher erwähnt (siehe S. 54), um 0.876 V. grösser als die des Bunsen'schen. Die Constanz ist nur wenig geringer, der Metallverbrauch nicht zu gross.

¹⁾ Chem. N. (1890) 62, 4. — ²⁾ Electrician London (1888) 21, 220; vgl. Lum. él. (1889) 32, 577; Tel. J. a. El. Rev. (1890) 26, 208; El. Eng. London (1891) 8, 223. — ³⁾ Tel. J. a. El. Rev. (1890) 26, 723. — ⁴⁾ Elektrot. Zeitschr. (1887) 8, 472.

Eisen statt des Zinks verwenden in verdünnter Salpetersäure L. Maîche und Frascara (letzterer im Kathodenraum Ammoniak und als erster ein Papierdiaphragma), in Wasser Rouse. Ist das Eisen amalgamirt, so beträgt die elektromotorische Kraft nach Versuchen von Münnich¹⁾ und Reinsch²⁾ nur $\frac{3}{5}$ von der des Grove-Elements. Schönbein³⁾ setzt Eisenelemente (siehe S. 95), Gérardin⁴⁾ Eisenchloridelemente (siehe S. 100) mit Eisen als elektropositivem Metalle zusammen. Ueber Woehler und Weber's Construction wird weiter unten berichtet werden. Eisen in Chloratlösung stellt Kitsee⁵⁾ Kohle in schwefelsäurehaltiger Flüssigkeit gegenüber. Ferromangan in Schwefelsäure (1:20) oder Blei in Wasser schlägt Rouse⁶⁾ vor. Die Kohle steht in Salpetersäure oder Kaliumpermanganatlösung.

Ein Element aus Nickel in Salpetersäure und Kohle in Königswasser oder in einem Gemenge von Bleisuperoxyd und verdünnter Schwefelsäure besitzt nach v. Neumann⁷⁾ $E = 0.75$ V. Slater stellt Nickel in säure- oder kochsalzhaltigem Wasser Kohle in Kaliumbichromatlösung gegenüber.

Aluminium wurde wohl zuerst von Buff an Stelle des Zinks gebraucht. Steht es in Kalilauge und die Kohle in concentrirter Salpetersäure, so erhält man nach Desmond-Fitzgerald⁸⁾ anfangs $E = 2.8$ V. Wi steigt rasch wegen der Diffusion der beiden Elektrolyten in

¹⁾ Pogg. Ann. (1846) 67, 361. — ²⁾ Dingl. (1868) 190, 425. — ³⁾ Arch. de l'Él. 2, 286. — ⁴⁾ Compt. rend. (1869) 62, 700. — ⁵⁾ A. P. 400227. — ⁶⁾ Compt. rend. (1881) 93, 546. — ⁷⁾ Centralbl. Elektrot. (1887) 9, 57. — ⁸⁾ El. Rev. 1895, 559.

einander. F o s s a t i¹⁾ taucht es in ziemlich concentrirte, mit etwas Natriumchlorid versetzte Kalilauge und trennt durch eine Thonplatte davon Kohle in Kaliumbichromat. $E = 2.63$ V., nach einiger Zeit $= 2.51$ V. Statt Kalilauge Quecksilberchloridlösung mit Salzwasser gibt $E = 2.377$, bald $= 2.46$ V., ebenso überschüssiges Quecksilberchlorid mit Kaliumjodid. E a g a r und M i l b u r n²⁾ verwenden als Elektrolyten Natrium- oder Ammoniumbichromat, Schwefelsäure und Salzsäure.

Kupfer benutzen A r c h e r e a n und T h o m s e n als positive Elektrode, R o u s s e eine Legirung aus 2 Mol. Antimon und 3 Mol. Zink oder Blei, B a l s a m o Blei in 8⁰/₀iger Oxalsäurelösung. Bei letzterem steht die Kohle in kaliumnitrathaltiger Salpetersäure.

D o a t³⁾ fand bei einem Elemente aus Quecksilber in Kaliumjodidlösung und Kohle in einer Lösung von Jod in Kaliumjodidlösung $E = 0.673$ V. Die Kette wird wirksamer bei Verwendung von Zinkamalgam statt des Quecksilbers. R o u d e l verwendet Quecksilber in einer Lösung von Kaliumquecksilberchlorid.

W a l l a c e G o u l d L e v i s o n⁴⁾ schlägt 10⁰/₀iges Natriumamalgam in Wasser, S c h r ö d e r⁵⁾ eine Anzahl von Legirungen vor.

Der Ersatz der Schwefelsäure durch Glycerinschwefelsäure, die einfach durch Zusatz von 4—5 cm³ Brennöl zu 1 Liter Schwefelsäure hergestellt werden kann, soll nach d' A r s o n v a l den Vorzug haben, dass bei

¹⁾ Wied. Beibl. 1892, 221. — ²⁾ E. P. 899/1891. — ³⁾ Compt. rend. (1856) 42, 856; (1857) 44, 143. — ⁴⁾ Sillim. J. (1881) [3] 9, 29. — ⁵⁾ Wied. Beibl. (1894) 18, 937.

offenem Elemente das Zink nicht angegriffen wird, dass es sich leichter amalgamirt und das Quecksilber nicht abtropfen lässt.

Collé¹⁾ setzt der Schwefelsäure Quecksilberbisulfat und Salpetersäure zu. Auch Lahousse & Co.²⁾ stellen das Zink in eine Lösung von 35 g Quecksilberbisulfat in 1 Liter Wasser, der 35 g Salpetersäure von 40%₀ zugegeben sind. Sie wollen bei einer elektromotorischen Kraft von 2 V. 60 Stunden einen constanten Strom von 7 A. mit dem Elemente unterhalten können. Wenn auch das Element recht constant ist, konnte Ochsé³⁾ so gute Resultate, wie von den Erfindern angegeben werden, nicht damit erzielen. $E = 1.79$ V., durch 1 O. äusseren Widerstand geschlossen, nach 20 Stunden 1.71, nach 24 Stunden 1.64, nach 4 Tagen 1.42 und nach 11 Tagen 1.34 V. $W_i = 0.207$ O., nach 7 Tagen 0.215, nach 11 Tagen 0.411 O. $J = 1.5$ A., nach 11 Tagen 0.95 A.

Verwendet man statt der Schwefelsäure Lösungen von Natriumchlorid, Natriumsulfat, Ammoniumchlorid etc., wie u. A. Zalinski es thut, so erhöht sich E, aber auch W_i (vgl. S. 62). Cabanyes⁴⁾ stellt bei seiner Tauchbatterie das Zink in Natriumchloridlösung, die sich in porösen Zellen befindet, die cannelirten Kohlencylinder in einem mit mehreren Abtheilungen versehenen paraffinirten Holztroge in eine Mischung von gleichen Volumen Salpeter-Salzsäure (1:1) und 5%₀iger Schwefelsäure.

In ein Gemisch von Zink- und Eisenchloridlösung bringt Sussmann⁵⁾ das Zink; M. Thompson⁶⁾ bei seinem Chromsäure-Element in Magnesiumchlorid.

¹⁾ A. P. 403253. — ²⁾ D. P. 46668; E. P. 8905/1888. — ³⁾ El. Anz. 1891, 698. — ⁴⁾ Lum. él. (1891) 44, 581. — ⁵⁾ E. P. 9183/1889. — ⁶⁾ A. P. 397526.

Im Chromsäure-Bunsen-Elemente stellt Sadlon¹⁾ das Zink in wässrige schweflige Säure oder eine schwach mit Schwefelsäure angesäuerte Lösung von Natriumsulfit. Ebenso verfährt Imchenetzki²⁾. Vier Zinkelektroden und fünf besonders präparierte Graphitplatten stehen in Abtheilungen, die durch poröse Scheidewände abgetrennt sind. $E = 2.12$ V., wenn beide Elektroden aus Graphit sind $= 0.8$ V., sehr constant auch bei starkem Entladestrom. $W_i = 0.08$ O. Das Sulfit kann³⁾ auch durch Hyposulfit, die Chromsäure durch Mangansäure ersetzt werden.

Sosnowski⁴⁾ schlägt an Stelle der Schwefelsäure Kalilauge oder Natronlauge vor. $E = 2.37$ V., wenn die Kohle in einem Gemisch aus gleichen Volumina Salpetersäure von 36 Grad Bé. Salzsäure, Schwefelsäure von 26 Grad Bé. und Wasser steht. Das Element ist nach Meylan⁵⁾ nicht so constant wie das Bunsen'sche. Auch sonst ist vielfach Natron- oder Kalilauge verwendet worden. Bei Benutzung derselben stellen Dun, Schäfer und Montanus⁶⁾ der Lösungselektrode mit Kaliumpermanganat bedecktes Kohlenklein gegenüber und erzielen so anfänglich $E = 1.8$ V., bei längerem Gebrauche 1 V. Lugo⁷⁾ senkt die Kohle in Salpetersäure, die Kupfernitrat enthält, und bekommt $E = 2.5$ V. Ward und Sloane⁸⁾ depolarisiren mit einem Gemische aus concentrirter Salpetersäure, Chromsäure und Kochsalz. Ein $25 \times 25 \times 22$ cm grosses Element, das Dolbear untersuchte, hatte eine Zinkelektrode aus 24 und eine

¹⁾ Elektrot. Zeitschr. (1890) 11, 354. — ²⁾ El. World (1890) 15, 359; Rubanovitsch in Lum. él. (1890) 35, 164. — ³⁾ A. P. 400215. — ⁴⁾ Elektrot. Zeitschr. (1887) 8, 232. — ⁵⁾ Lum. él. (1886) 22, 543. — ⁶⁾ Centralbl. Elektrot. (1886) 8, 182. — ⁷⁾ Lum. él. (1887) 25, 37. — ⁸⁾ El. Eng. N.-Y. (1890) 9, 313; A. P. 409259.

Kohlenelektrode aus 50 Stäben. $E = 2.9$ V.; $W_i = 0.1$ O. Nachdem 30 Stunden lang 10 A. entnommen waren: $E = 2.3$ V.; $W_i = 0.13$ O.

Um bei den mit Natronlauge angestellten Chromsäure-Bunsen-Elementen die Diffusion der Lauge durch das Diaphragma und damit das rasche Wachsen des Widerstandes zu vermeiden, schichtet Morrisot¹⁾ zwischen die Chromsäure-Mischung und die in einem kleinen inneren Thoncylinder das amalgamirte Zink umgebende concentrirte Natronlauge vom spec. Gew. 1.25 mit Hilfe einer zweiten Zelle eine verdünnte Natronlauge vom spec. Gew. 1.05. Die depolarisirende Flüssigkeit ist ein Gemisch aus 3 Vol. kalt gesättigter Kaliumbichromatlösung und 1 Vol. Schwefelsäure. Sie wird stets gesättigt gehalten durch Krystalle des Salzes, die sich in einem oben in die Flüssigkeit gehängten kurzen Trichter befinden. Ersatz der Elektrolyten durch Kalilauge und Natriumbichromat soll keinen besonderen Vortheil bieten. Das Element wird fast absolut constant, wenn man etwa alle 3 Stunden ungefähr den dritten Theil der verdünnten Natronlauge durch frische ersetzt. Ist nach etwa 10stündigem Gebrauch das Zink mit einer grauen Schicht bedeckt, so wird es durch kurzes Eintauchen in angesäuertes Wasser wieder gereinigt. $E = 2.5$ V. anfangs, 2.4 V., nach einiger Zeit und dann dauernd während mindestens 10stündigen Stromschlusses. $W_i =$ ungefähr 0.8 O.

Fullner²⁾ stellt das Zink in Kaliumcarbonatlösung (1:7), die Kohle in eine mit 4 Th. Schwefelsäure versetzte Lösung von 1 Th. Natriumnitrat in 3 Th. Wasser.

¹⁾ L'industr. él. 1895, 367. — ²⁾ A. P. 522559/1894.

Joule findet bei der Kette: Zink, Kaliumcarbonatlösung, poröses Gefäss, Schwefelsäure, galvanisch mit Superoxyd bedecktes Blei $E = 2.544$ V.

Um die Diffusion der Elektrolyten durch das poröse Diaphragma zu hindern, erzeugt d'Arsonval¹⁾, wie bereits S. 66 erwähnt wurde, in ihm einen Niederschlag. Trotzdem dieser leitet, ist Wi solcher Ketten sehr gross. Die Combination Zink, Natriumcarbonatlösung, Eisenchlorid, Kohle giebt z. B. $E = 2.7$ V.; die aus Zink, Zinkchloridlösung, Silbernitratlösung, Silber $E = 1.5$ V., die aus Zink, Zinksulfatlösung, Bleinitratlösung, Blei $E = 0.6 - 0.75$ V.

Cross²⁾ absorbirt die im Elemente entwickelten Gase oder Dämpfe durch Flüssigkeit in einer besonderen Abtheilung des Elementes, die ausserdem eine zweite mit der ersten verbundene negative Elektrode enthält.

¹⁾ Lum. él. (1891) 44, 581. — ²⁾ A. P. 397969, 398132.

e) Elemente mit zwei gleichartigen Elektroden.

Die Vorschläge von Arrot¹⁾, sowie von Alder Wright und C. Thompson²⁾, je eine Platinplatte in eine oxydirende und eine reducirende Flüssigkeit, beziehungsweise in solche Gase zu tauchen, besitzen nur theoretisches Interesse.³⁾

Zwei gleichartige Elektroden sind auch in folgenden sämtlich mit Diaphragma construirten Ketten angewendet worden: Becquerel: Platin in Salpetersäure und Kaliumcarbonatlösung; Grezel: Kohle in Ammoniumcarbonatlösung und in angesäuertem Wasser; Woehler und Weber (vergl. Hawkins, S. 95.): Eisen in concentrirter Salpetersäure und in verdünnter Schwefelsäure. Belloni⁴⁾ verwendet statt Salpetersäure ein Gemisch von 1 Th. derselben mit 4 Th. Schwefelsäure. Elektroden und Thongefässe sind konisch. Jeder Konus ist innen positiv, aussen negativ. Der Aufbau erfolgt wie bei der Volta'schen Säule. Balsamo: Eisen in Calciumchloridlösung und in verdünnter Schwefelsäure. Buff: Aluminium in Salpetersäure vom spec. Gew. 1.4 und in angesäuertem Wasser, beziehungsweise Kalium- oder Natriumcarbonatlösung; $E = 1.13$, be-

¹⁾ Phil. Mag. (1843) [3] 22, 427. — ²⁾ Proc. Roy. Soc. London (1887) 42, 212; 43, 268. — ³⁾ Rep. Brit. Assoc. Manchester 1887; J. chem. Soc. 1887, 672; Wied. Beibl. 11, 826; 12, 62. — ⁴⁾ Lum. él. (1889) 32, 93.

ziehungsweise 1·6 V. Die Ketten sind stärker als die, in denen als positive Elektrode Zink in Kaliumcarbonatlösung steht. Louis Napoléon: Zink in lauwarmem Wasser und in verdünnter Schwefelsäure oder Kupfer in verdünnter Schwefelsäure und in verdünnter Salpetersäure. Regnault: Kupfer in Kupfersulfat- und in Kaliumcarbonatlösung; $E=0\cdot491$ V. Die in dem ersten Elektrolyten stehende Elektrode ist die negative.

f) Elemente, deren Elektroden aus dem Metall des Elektrolyt-Salzes bestehen.

C o l e m a n setzt ein Element zusammen aus Eisen in Eisenvitriollösung, Diaphragma, Kupfer in Kupfersulfatlösung: $E = 0.6$ V.; D u p r é aus Zink in Zinksulfatlösung, Diaphragma, Kupfer in Kupferacetatlösung; R e g n a u l d aus Zink in Zinksulfatlösung, Diaphragma, Cadmium in Cadmiumsulfatlösung: $E = 0.30 - 0.35$ V.; C a l l a n aus Zink in Zinksulfatlösung, Diaphragma, Guss-eisen in Ferrosulfatlösung; R e g n a u l d aus 0.7%igem Kaliumamalgam in Kaliumchloridlösung, Diaphragma, Platin in Platinchloridlösung; $E = 2.276$ V.

3. Trockenelemente.

a) Trockene Volta'sche Ketten.

Desormes und Hachette (1803) trennen die Zink-Kupferplatten durch Scheiben aus Stärkekleister, der noch mit Salzen versetzt werden kann, Gummigutt, Lack und anderen Substanzen, Biot (1804) durch solche aus geschmolzenem Kaliumnitrat, Behrens (1805) durch Goldpapier. Maréchaux (1807) legt zwischen Zink- und Messingplatten Pappscheiben. Deluc (1809) baut eine Säule aus Zink- und Goldpapierscheiben auf, Zamboni (1812) eine solche aus Papierblättern, die auf der einen Seite mit Zinn, auf der anderen mit Mangansuperoxyd bedeckt sind. Watkins (1828) trennt eine grosse Anzahl Zinkplatten, die auf der einen Seite decapirt und polirt sind, auf der anderen nicht, durch sehr dünne Luftschichten. Buff erhält einen schwachen Strom, wenn er eine Säule aus vergoldeten Messingplatten, dünnen Glasscheiben und Zinkplatten erwärmt. Auch Joule musste erwärmen, wenn er die Kupfer- und Zinkplatten mit Leim überzog, der Kupfer- und Zinksulfat enthielt. Trouvé ¹⁾ legte zwischen die Platten Läppchen,

¹⁾ Mondes (1874) 33, 189; (1877) 44, 94.

die mit den entsprechenden Metallsalzlösungen getränkt waren, Remak ¹⁾ schob zwischen diese Läppchen poröse Thonplatten ein. Popper ²⁾ schichtet: kleine Kupferplatte, mit Kupfersulfatlösung getränktes Leinwandläppchen, grosse Scheibe aus Pergamentpapier, mit Zinksulfatlösung durchfeuchteter Leinwandlappen, sehr dünne amalgamirte Zinkplatte, dicke Zinkplatte. Delmann ³⁾ legt zwischen die Platten gelatinirtes Filtrirpapier, das auf der einen Seite mit Kupfersulfat, auf der anderen mit Zinksulfat bestreut ist und dann angefeuchtet wird. Zwei Paare sollen bei 2·04 V. 0·5 A. liefern; $W_i = 10$.

Eine Platte aus Kupfer oder anderem positiven Metalle umgiebt Wensky ⁴⁾ mit Kuperchlorür, legt darauf eine Filzschicht, ein poröses Tuch, Zink- oder Eisenpulver, Tuch, Zinkplatte. Zum Erregen dient Zinkchloridlösung, die mit wenig Quecksilberchlorid versetzt ist. Clark ⁵⁾ schliesst unter Zwischenlagerung poröser Papierschichten den pulverförmigen Elektrolyten zwischen den Platten ein. Solchen »Batteriesand« erhält Wright ⁶⁾, indem er Metalloxyd und Chromverbindung enthaltende Schwefelsäure auf 275 Grad F. erhitzt und dann auf eine 60 Grad F. warme Platte sprüht. Warren de la Rue ⁷⁾ bedeckt ein Silberblech, das auf einer glasirten Thonplatte liegt, mit trockenem Silberchlorid, dieses mit Agar-Agar, das mit $2\frac{1}{2}\%$ Ammoniumchloridlösung angemacht ist, und dieses mit einer Zink-

¹⁾ Compt. rend. (1862) 55, 897. — ²⁾ Zeitschr. Elektr. 1887, 498. — ³⁾ L'elettricità 1888, 355. — ⁴⁾ E. P. 491/1891. — ⁵⁾ E. P. 21870/1891. — ⁶⁾ A. P. 484385. — ⁷⁾ L'ingén.-électric. (1886) 1, 37.

platte. Auch Koller ¹⁾ legt zwischen die Platten Scheiben aus Agar-Agar, die mit Erregersalzen durchsetzt sind. Sie werden getrennt durch mehrere durchlochte Blätter aus wasserundurchlässigem Isolirstoff, deren Oeffnungen gegen einander versetzt sind.

¹⁾ D. P. 70188/1892.

b) Andere Trockenelemente.

Aus den nassen galvanischen Elementen erhält man trockene, wenn man den Elektrolyten und unter Umständen auch den Depolarisator von einem porösen Körper aufsaugen lässt oder ihn gelatinirt oder sonstwie verdickt. Die meisten Trockenelemente sind nach dem Leclanché-Typus gebaut. Von den meisten Fabrikanten wird bei den Trockenelementen viel unnöthige Geheimnisskrämerei getrieben. Es wäre eine dankbare Aufgabe, eine grössere Anzahl von Zellen analysirend und messend zu untersuchen.

Der innere Widerstand ist natürlich grösser als bei den nassen Elementen und nimmt auch bei Stromschluss schneller zu, und zwar nach v. Billing¹⁾ um so mehr, je verdünntere Lösungen die Elemente enthalten. Sie leisten demzufolge auch nicht so viel wie die nassen (Barrett²⁾), haben aber vor diesen nach Zacharias³⁾ den Vorzug, dass sie weniger von Temperaturschwankungen abhängig sind, abgesehen natürlich von ihrer leichteren Wartung und guten Transportirbarkeit.

Zink-Kupfer-Elemente füllt v. Beetz⁴⁾ mit einem Gypsbrei, der mit concentrirter oder mit $\frac{1}{3}$ Wasser

¹⁾ Zeitschr. Elektr. 1888, 254, 295. — ²⁾ Tel. J. a. El. Rev. (1890) 26, 297.
— ³⁾ El. Rundsch. 1892/93, 57. — ⁴⁾ Wied. Ann. (1884) 22, 402.

versetzter Kupfer- und Zinksulfatlösung angemacht ist. Ebenso verwendet Onimus¹⁾ Gyps.

Barrett²⁾ wickelt Zink- und Silberblech unter Zwischenfügung eines mit Zinksulfatlösung getränkten Gewebes zu einer Spirale auf. Liebert und Rosenthal³⁾ stellen Zink und Silber oder einen versilberten Nichtleiter in eine mit Schwefelsäure versetzte Lösung von Zinksulfat und Quecksilberchlorid, die durch Tragantgummi gelatinirt ist.

Kouznetsou⁴⁾ bildet breite und niedrige Kästen, deren Wände aus paraffinirter Papiermasse, deren Boden aus Zinnfolie besteht, und füllt sie mit einer Gallerte aus Gelatine, Glycerin und Schwefelsäure und mit amalgamirtem Zink. Mehrere solcher Zellen werden übereinander gebaut.

In Zink-Kohle-Elementen saugt v. der Poppenburg⁵⁾ die Erregerflüssigkeit durch feines Holzkohlenpulver auf. Dow⁶⁾ verwendet eine den Elektrolyten enthaltende schwammige Schicht und fein gepulverte Kohle oder anderes Material als negative Masse. Aus Zinkgefäß, Kohle, Stärke und Erregersalz besteht J.W.Hoffmann's⁷⁾ Element. Von Abfallwolle lässt Crosby⁸⁾ die Ammoniumchloridlösung aufsaugen. Das Elementengefäß ist breiter als hoch. Hübner⁹⁾ will Zink-Kohle-Elemente mit einer schleimigen Flüssigkeit füllen, die durch Behandeln von Cellulose mit Alkali und Zusatz von Schwefelkohlenstoff erhalten wird. Ludwigsen¹⁰⁾ füllt in sein Zink-Kohle-

¹⁾ Compt. rend. (1884) 98, 1577. — ²⁾ A. P. 405196. — ³⁾ E. P. 11681/1888. — ⁴⁾ Rev. intern. de l'él. (1888) 7, 5. — ⁵⁾ A. P. 504746. — ⁶⁾ A. P. 480384. — ⁷⁾ A. P. 484096. — ⁸⁾ A. P. 400430, 437393. — ⁹⁾ E. P. 21330/1895. — ¹⁰⁾ D. P. 80026.

Element die Erregermasse trocken ein. In diese tauchen in zwei diametral gegenüber liegenden Ecken des quadratischen Glasgefäßes angeordnete durchlochte Papierröhren, die beim Nichtgebrauche der Elemente durch Wachsstöpsel verschlossen werden. Seitlich von den Papiercylindern befinden sich oben und unten geschlossene Glasröhren, die mit zugeschmolzenen, in die Löcher der Papierröhren ragenden Ansätzen versehen und mit hygroskopischer Substanz gefüllt sind. Soll das Element benutzt werden, so entfernt man die Glasstöpsel, stösst die Ansätze der Glasröhren durch einen Draht ab und füllt die Papiercylinder mit Wasser. Durch Infusorienerde saugt Hewett ¹⁾ eine Mischung von verdünnter Schwefelsäure und Quecksilbersulfatlösung auf. Zerda-Bayon ²⁾ umgiebt die von dem Zink durch eine Thonzelle getrennte Kohle mit einem Gemenge von poröser und vegetabilischer oder stickstoffhaltiger Substanz und wendet als Erreger Natriumchloridlösung an. Zwei durch einen Quersteg verbundene Zinkstäbe stellt die Nowotny Co. ³⁾ in die beiden Abtheilungen eines durch eine Kohlenplatte getheilten quadratischen Kohlegefäßes. $E = 2\text{ V}$. Todd ⁴⁾ führt durch eine hohle, oben durch einen Stöpsel verschliessbare Kohlenelektrode Flüssigkeit in die Zelle ein. Bei Wright ⁵⁾ enthält der Kohlencylinder, dessen Boden mit Harz getränkt wird, durch Kohlenpulver oder Sand aufgesaugte Säure oder Kupfersulfatlösung. Gegen die Kohle wird durch Kautschukbänder eine Schicht Asbest und darüber eine Reihe von Zinkstreifen gedrückt.

¹⁾ A. P. 387642 u. 387643. — ²⁾ E. P. 6223/1890. — ³⁾ A. P. 428781. —
⁴⁾ A. P. 548730/1894. — ⁵⁾ A. P. 394670.

Das Gaskohle-Zink-Element von Mix & Genest ¹⁾ zeigt $E = 1.51 \text{ V.}$; $W_i = 0.1 - 0.2 \text{ O.}$

In dem nach Art des nassen (siehe S. 45) zusammengesetzten Trockenelement von Leclanché-Barbier ²⁾ bildet die Zinkelektrode zugleich das äussere Gefäss. $E = 1.5 \text{ V.}$; $W_i = 0.5 \text{ O.}$ Aylmer ²⁾ ändert es so ab, dass er auf beiden Seiten einer Kohlenplatte einen halben Kohle-Braunstein-Cylinder durch Gummiband befestigt. Jahr ³⁾ bringt die altbekannte Sternform der Kohlenelektrode auch bei seinem Trockenelemente »Stern« zur Anwendung. Aus über einander liegenden, mit Pappstücken abwechselnden Braunsteinringen, die neuerdings ⁴⁾ mit ineinander greifenden Vorsprüngen und Vertiefungen versehen werden, baut Thranitz ⁵⁾ einen Hohlcyylinder, der den Kohlenstab aufnimmt. Auch keilförmige, durch Pappe getrennte Graphit-Braunsteinkörper ⁶⁾ werden verwendet.

In dem Galvanophor von Vogt besteht der Depolarisator nach Ost ⁷⁾ aus einem durch etwas feuchten Thon zusammengehaltenen Gemenge von gepulvertem Braunstein und Graphit. Bei einem 2.25 kg schweren Elemente war $E = 1.5 \text{ V.}$, die nutzbare Arbeit nach vorübergehendem Kurzschluss durch einen Strommesser beim Schlusse durch 3 O. 18 Watt-St. Nach anderen Angaben liefert das wohl damit identische Volt-Element bis zum Abfall der Klemmenspannung auf 1 V. 16.9 A.-St., ⁸⁾ eins von $20 \times 8 \text{ cm}$ Grösse bei Schliessung durch 5 O. bei Beginn 0.36 W, nach

¹⁾ El. Anz. 1890, 1250. — ²⁾ El. Rev. (1893) 32, 306. — ³⁾ El. Rundsch. 1895, 202. — ⁴⁾ D. P. 69465. — ⁵⁾ D. P. 60848. — ⁶⁾ D. P. 64280. — ⁷⁾ El. Anz. 1893, 1354; vgl. Dannert & Vogt, ebenda, 1388. — ⁸⁾ Elektr. Zeitschr. 1892, 539.

94 Stunden 0·08 W. Mit einer aus Weldonschlamm (manganigsaurer Kalk, beziehungsweise Gemenge von Braunstein mit Aetzkalk) und Kalkwasser bestehenden Paste, die zugleich erregend und depolarisierend wirkt, beschicken Orth und Mehner¹⁾ ihr Zink-Kohle-Element, das durch Luft regenerierbar ist.

Burnley²⁾ füllt den Raum zwischen der porösen Zelle, welche die positive Elektrode und das Depolarisationsmittel enthält, und einem äusseren, als negative Elektrode dienenden Behälter, mit erregender Masse in halbfester Form. Den äusseren Zinkbehälter und den inneren Kohle-Braunstein-Cylinder trennt Jungnickel³⁾ durch einen glatten oder gewellten Pressspan-Hohlzylinder und füllt zwischen diesen und die Kohle die Erregermasse ein, die aus einem Gemisch von Ammoniumchlorid und Braunstein mit oder ohne Zusatz von Kohlengries besteht. $E = 1·60$ V., nach 10 Minuten bei Stromschluss durch 1000 O. $= 1·55$ V., beim Schliessen durch 5 O. $= 1·40$ V. Wi bei Beanspruchung mit $0·5$ A. $= 0·1$ O.⁴⁾ Germain⁵⁾ bringt zwischen zwei horizontal liegende Zink- und eine Kohlenelektrode Braunstein und Cofferdam (präparierte Cocosfaser), das mit Salmiaklösung vollgesogen ist. Auch Elliot⁶⁾ verwendet als Aufsaugemittel Cocosnussfaser.

Mit einem steifen Brei aus Magnesiumchloridlösung und gebrannter Magnesia macht Mehner⁷⁾ das Erreger-salz an. Um die Gyps enthaltende Füllung aufzulockern und ihren Widerstand zu verringern, setzt ihr Wolff⁸⁾

¹⁾ D. P. 49613. — ²⁾ A. P. 471945. — ³⁾ D. P. 58551. — ⁴⁾ Elektr. Zeitschr. 1891, 338. — ⁵⁾ A. P. 365359/1887. — ⁶⁾ E. P. 10792/1895. — ⁷⁾ D. P. 46360. — ⁸⁾ D. P. 47164.

frisch gefälltes Thonerdehydrat zu. Gassner¹⁾ nimmt zu demselben Zwecke auf 1 Th. Ammoniumchlorid 3 Th. Gyps und 2 Th. Wasser 1 Th. Zinkoxyd. Das mit Papier überklebte oder mit einem säurefesten Anstriche versehene Gefäss bildet die Zinkelektrode; die negative ist eine Kohlenplatte, die etwa den halben Innenraum ausfüllt. Das Element ist nach Tchikoleff²⁾ zur Entnahme stärkerer Ströme ungeeignet. Bei offenem Stromkreise erfolgt keine chemische Wirkung. Bei dem grösseren Modell war $E = 1.36$ V., $W_i = 0.5$ O. Die EMK sinkt, wenn das Element 216 Arbeitsstunden zum Betriebe einer elektrischen Klingel von 12 O. benutzt wird, um 12⁰/₀. Gerard³⁾ fand: ältere Form $E = 1.31$ V., $W_i = 0.7$ O.; neuere Form $E = 1.44$ V., $W_i = 0.32$ O. Durch 5 O. jede Viertelstunde 3 Minuten lang geschlossen, lieferte es 51.3 A.-St., bis die Spannung auf 0.3 V. fiel. W_i zu Schluss $= 0.5$ O.⁴⁾

Gabarro⁵⁾ schichtet zwischen Zinkgefäss und Kohle ein Gemenge von 150 Th. Zinkoxyd und 25 Th. Thierkohle, das durchtränkt ist mit einer Lösung von 175 Th. Ammoniumchlorid, 100 Th. Zinkchlorid, 100 Th. Magnesiumsulfat und 100 Th. Quecksilbersulfat in 125 Th. Wasser unter Zusatz von 100 Th. Salzsäure.

Die Ammoniakdämpfe bindet Vogt⁶⁾ durch wässrige Phosphorsäure, die sich in einer oberen Kammer des Elementes befindet. Bender⁷⁾ und Dougans⁸⁾ wollen zu demselben Zwecke Holzkohle gebrauchen, die sie in

¹⁾ Oest.-ung. P. vom 21. December 1886; D. P. 37758. — ²⁾ Lum. él. (1888) 28, 487. — ³⁾ El. World (1888) 11, 216. — ⁴⁾ Arch. Post Telegr. 1893, 441. — ⁵⁾ A. P. 503415. — ⁶⁾ D. P. 60868. — ⁷⁾ D. P. 48695/1888. — ⁸⁾ A. P. 406636.

die hohle negative Elektrode schütten. Bei ersterem ist der Erreger Ammoniumchlorid, Calciumchlorid und Kreide, bei letzterem Ammoniumchlorid, Quecksilberchlorid, Zinksulfat, Krapp (!!) und Wasser.

In einen weichen Teig aus Kieselguhr und Ammoniumchloridlösung stellt Henrichsen¹⁾ die Zinkelektrode. Darüber befindet sich ein ähnlicher, aber fester Kuchen, Sägespäne, Gyps und Asphalt. Der depolarisierende Braunstein ist mit Graphit gemengt.

Siemens und Obach²⁾ machen die erregende Salmiaklösung durch ein Gemenge aus 90 Theilen Gyps und 10 Theile Mehl fest. Der mit einer durch Gummi-lack verkitteten Mischung gleicher Theile Braunstein und Kohle umgebene Kohlenstab steht in der Mitte eines Zinkgefäßes, dessen Boden von einem Gemische aus 70 Theilen Asphalt, 15 Theilen Harz und 15 Theilen Papierstoff gebildet wird. Nehmer³⁾ überzieht eine Metallplatte durch Lack mit einer Kohlenschicht, umkleidet sie 5 mm stark mit der aus Braunstein, Kohle, Gelatine und Wasser bestehenden Depolarisationsmasse, dann ebenso mit dem Erreger, den durch Gelatine und Gyps fest gemachte Ammoniumchloridlösung bildet. Hieran wird das Zink gedrückt und dann das Ganze in Papier eingeschnürt und in Isolirmasse getaucht. Das ältere Trockenelement von Hellen⁴⁾ enthält in dem Raume zwischen einem inneren Zink-Hohlcyylinder und den Wänden eines äusseren nicht leitenden Gefäßes poröses Material. Bei dem neueren Modell füllt er⁵⁾

¹⁾ E. P. 20838/1890. — ²⁾ Lum. él. (1893) 48, 621. — ³⁾ D. P. 54066/1890. — ⁴⁾ A. P. 439151; D. P. 48448. — ⁵⁾ D. P. 81332; vgl. a. H. N. Warren, El. World (1895) 23, 616.

den Raum zwischen zwei in einander stehenden Zinkcylindern, von denen der innere durchlöchert ist, mit Ammoniumchloridlösung, die von 5—10% Tragantgummi beigemischt enthaltendem Gyps aufgesaugt ist. Im inneren Zinkcylinder befindet sich ein Beutel mit dem Kohlenstab und dem Depolarisator aus einem Gemenge von Braunstein und Graphit, das mit Ammoniumchloridlösung angefeuchtet ist. Da die klebrige Masse einen guten Contact mit den Elektroden bewirkt, ist W_i sehr gering. Das Element, das von G. Wehr in Berlin hergestellt wird, ist¹⁾ für Ruhe- und Arbeitsstrom verwendbar, leicht regenerierbar, zeigt nur wenig Polarisation und ist constanter als das Chromsäure-Element. $E = 1.5$ V. W_i unter 0.5 O. bei Nr. I und II (nach Shelford Bidwell²⁾ beim grössten 0.1 O.), unter 1 O. bei Nr. III. Bei Kurzschluss gibt es Ströme von 12 A., die erst nach 4 Minuten auf 8 A. heruntergehen. Nach viertägigem Schluss durch 50 O. war nach einem Gutachten der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt die elektrische Leistung erst um 4% vermindert.³⁾ Die Veränderlichkeit der organischen Substanz ist bei der Frage nach der Lebensdauer dieser und ähnlicher Zellen mit in Rechnung zu ziehen.

In Cohen's⁴⁾ Zink-Kohle-Element werden dem Elektrolyten, der aus 6 Theilen Wasser, 3 Theilen Ammoniumchlorid und 10 Theilen gemahlenem Gyps oder Kalk bestehenden Paste 2 Theile Calciumchlorid zugefügt, um sie feucht zu erhalten. Auch Esser⁵⁾ setzt

¹⁾ El. Eng. London (1892) 9, 130. — ²⁾ Electrician (1891) 27, 37. — ³⁾ El. Anz. 1890, 1332. — ⁴⁾ E. P. 15407/1891. — ⁵⁾ D. P. 55151.

der aus Kochsalz, Wasser und Gyps bestehenden Paste seiner Elemente Calciumchlorid oder vielmehr mit Salzsäure angefeuchtete Mergelerde zu. Ebenso ist das hygroskopische Salz enthalten in dem von Rotten¹⁾ vorgeschlagenen Brei, der aus Natrium- oder Ammoniumchloridlösung, Calciumchlorid, Gyps und Schiessbaumwollenmehl besteht.

Kitsee²⁾ verwendet als Erreger Ammoniumchlorid, Quecksilbersulfat und Glycerin. Cox³⁾ lässt irisches Moos mit Wasser aufquellen und gähren, erhitzt mehrere Male unter Zufügung von Ammoniumchlorid und etwas Quecksilbersulfat zum Sieden und füllt heiss das Element damit. Die Füllmasse von Thranitz⁴⁾ besteht aus 300 Theilen Salmiak, 12 Theilen metallfreier Schwefelsäure, 6 Theilen Quecksilberoxydul, 200 Theilen Stärkemehl unter Zusatz von 5 Theilen Aetzkali, das die Bildung harter Krusten hindern soll.

Ein buntes Gemisch der verschiedensten Stoffe, nämlich eine mit einer Mischung gleicher Theile gesättigter Ammoniumchlorid- und Natriumchloridlösung, sowie Salzsäure, versetzt mit etwas Quecksilberchlorid, angemachte Paste aus 3 Theilen Braunstein, 3 Theilen Holzkohle, 1 Theil Steinkohle oder Graphit, 1 Theil Calciumhydroxyd, 1 Theil Arsentrioxyd, 1 Theil eines Gemisches aus Glukose und Dextrin verwendet Meserole⁵⁾ zur Füllung von Trockenelementen.

Solomon⁶⁾ umgibt den Kohlenstab mit einem Gemenge aus Braunstein, Kohle und Zinkchlorid, das sich in einem Beutel befindet, und trennt ihn durch

¹⁾ Centralbl. El. (1887) 9, 131. — ²⁾ A. P. 395706. — ³⁾ A. P. 375411. —

⁴⁾ D. P. 78973/1895. — ⁵⁾ El. World (1890) 16, 210. — ⁶⁾ A. P. 525235/1894.

gekörnte poröse Füllmasse von einem Zinkblechcylinder. Zinkchlorid-Gypsbrei giesst Burnley¹⁾ um das Zink und um Stücke, die aus 6 Theilen gepulvertem Mangan- oder Bleisuperoxyd und 7 Theilen harter Kohle gepresst sind. Brewer²⁾ gestaltet die innere durchlöchernte Zink- und die äussere Kohlenelektrode hohl, füllt den Raum zwischen ihnen mit Zinkchlorid, Glycerin und Gyps, und den im Zinkcylinder mit porösem Material, das mit Wasser vollgesogen ist.

Stöcker & Co.³⁾ füllen ihr Kohle-Zink-Element mit 2 Theilen Magnesiumsulfat, 5 Theilen Zinkchlorid, 4 Theilen Ammoniumchlorid, 1 Theil Salzsäure, 20 Theilen Infusorienerde und Wasser bis zur Breiconsistenz. Fuller⁴⁾ stellt die Kohle, in die zur Herstellung eines besseren Contactes mit der Klemme ein Platindraht eingelassen und mit einer Bleikappe umgossen ist, in eine poröse Thonzelle, die ausserdem ein mit Ammonium- und Zinkchloridlösung getränktes Gemenge von Kohlenklein und Braunstein aufnimmt, und giesst den Raum zwischen Diaphragma und äusserem Gefässe mit Gyps aus, der mit Ammonium-Zinkchloridlösung angemacht ist. In einer durch organische Zusätze weich erhaltenen Gypspaste hat A. Lessing den aus Ammonium- und Zinkchlorid bestehenden Erreger. Um beim Transporte des Elements ein Ausfliessen der Säure zu verhindern, hämmert er⁵⁾ ein für gewöhnlich als Ventil dienendes Bleirohr zu. Die Kathode wird so aus Zinkblech geschnitten, dass ein Lappen zum Anschlusse der äusseren Leitung an ihm stehen bleibt. Ein 20×8 cm grosses

¹⁾ D. P. 54066/1890. — ²⁾ Tel. J. a. El. Rev. (1890) 26, 297. — ³⁾ D. P. 47137. — ⁴⁾ E. P. 23441/1894. — ⁵⁾ E. P. 17741/1894.

Element zeigt nach Mullineu & Walmsley $E = 1.47$ V., nachdem 71 Stunden 42.5 M.-A. entnommen waren, 1.30 V. und gestattet, Ströme von 25—28 M.-A. 260 Stunden zu entnehmen. $W_i = 0.12$ bis 0.22 O.

Ein »Thor«-Element von Abler, Haas & Angerstein¹⁾ Nr. III zeigt die $E = 1.532$ V. Bei Schluss durch 20.6 O. betrug die Klemmenspannung nach 1 Stunde 1.37, nach 20 Stunden 1.16, nach 34 Stunden 1.1 V.; bei Schluss durch 5.3 O. nach 52 Stunden 0.7 V. $W_i = 0.12$ O.²⁾ Der Erreger ist durch Agar-Agar verdickt.

Identisch damit ist das von C. Erfurth in Berlin hergestellte Trockenelement »Thor«, das ganz ähnliche Constanten aufweist. »Universal« derselben Firma ist ein nasses Element mit derselben Construction der Elektroden; »Helios« hat eine stärkere, hohle Innenkohle.

H. J. Wagner's Trockenelement zeigte nach der Münchener Elektrotechnischen Versuchsstation³⁾ W_i gering, $E = 1.7$ V. Nach 10 Minuten langem Schluss durch 1.4 O. erreichte die EMK nach 24stündiger Ruhe wieder den Anfangswerth.

Lehmann's Trockenelement, 75×36 mm gross, ergab nach der Münchener Elektrotechnischen Versuchsstation⁴⁾ $W_i = 0.53$ O.; $E = 1.078$, beim Gebrauch 1.01 V., dann constant. Die Spannung sinkt bei Stromschluss etwas, steigt dann bis zu einem grössten Werthe und nimmt dann wieder langsam ab.

¹⁾ El. Anz. 1891, 1250. — ²⁾ Elektr. Zeitschr. 1890, 183. — ³⁾ Centralbl. El. 1888, 702. — ⁴⁾ El. Anz. 1888, 406.

Der von der Firma Liman & Oberländer hergestellte »Watt-Galvanophor«¹⁾, Grösse 20×9 cm, zeigt $E = 1.55 - 1.60$ V. und liefert bei dauernder starker Beanspruchung 34 A.-St., ohne betriebsunfähig zu werden; der Strom ist sehr constant. Untersuchungen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt zeigten, dass die EMK in 186 Tagen von 1.71 nur auf 1.51 V. fiel. Bei ununterbrochener Arbeit des Elementes betrug sie bei Schluss durch 5 O. nach 168 Stunden 0.71 V., bei Schluss durch 10 O. nach 360 Stunden 0.74 V., bei Schluss durch 50 O. nach 2256 Stunden 0.94 V.

Das »Blitz-Element« von Junghans & Kolosche, über dessen Zusammensetzung nichts bekannt ist, eignet sich gut zur zeitweisen Entnahme verhältnissmässig hoher Stromstärken und für schwächere Dauerströme. $E = 1.46$ bis 1.60 V., $W_i = 0.14 - 0.43$ O., nach dreimonatlichem Gebrauche $0.19 - 0.94$ O. Ein 21×9 cm grosses Element soll bei ununterbrochenem Betriebe und Entnahme von $0.3 - 0.5$ A. bis zur völligen Erschöpfung eine Capacität von 120 A.-Std. besitzen. Elemente, die von der Elektrotechnischen Gesellschaft in Leipzig geprüft wurden, ergaben bei Schluss durch 1 O. einen schnellen Abfall der Stromstärke in 1 Std. von 1.1 auf 1 A., dann einen gleichmässigen in 25 Std. auf 0.7 A.; die Spannung fiel in 1 Std. von 1.4 auf 1.1 V., betrug nach 9 Std. 1 V. und nach 25 Std. 0.77 V. Bei Schluss durch 10 O. fiel die Stromstärke in den ersten 50 Std. von 0.13 auf 0.11 A., betrug nach 850 Std. 0.1 A., nach 1650 Std. 0.07 A., nach 2500 Std. 0.02 A.; die Spannung fiel in den ersten 50 Std. von 1.5 auf 1.2 V. und betrug

¹⁾ D. P. 73719 für Szymanski.

nach den oben angegebenen Zeiträumen 1·1, 0·95 und 0·5 V.

Skrivanow ¹⁾ umgibt bei seinem auf S. 43 beschriebenen Elemente die negative Elektrode mit Filtrirpapier, Leinwand oder Asbest, die mit Alkalilauge durchtränkt sind. Das Zink-Kohle-Element von Arnold ²⁾ enthält Ammoniumchlorid, Zinkchlorid, Bleiglätte, Quecksilberoxyd und Cement.

Das Lalande-Element könnte man durch Zusatz von Ferrosulfat, wodurch Ferrihydroxyd fällt, zu einem transportablen machen. ³⁾

Als Erregerflüssigkeit schlägt Lütcke ⁴⁾ eine gesättigte Lösung eines oder mehrerer Chloride (z. B. von Kupfer, Eisen oder Zink) mit 2—3 Theilen Quecksilbernitrat vor.

Gassner ⁵⁾ tränkt die Kohlenelektrode mit Eisenchloridlösung und setzt dem Erreger Alkali oder Ammoniak zu, so dass als Depolarisator Eisenhydroxyd entsteht.

Hitchcock ⁶⁾ füllt den Kohlencylinder mit dem sauren breiigen Depolarisator, eine äussere Zinkbüchse mit dem halbfesten Erreger.

Mit Kaliumbichromatlösung getränktes Bimssteinpulver verwendet Frishmuth ⁷⁾ zur Füllung; Roberts ⁸⁾ Natriumbichromat, Permanganat und Alkalisalz. In dem Zink-Kohle-Elemente »Excelsior« dient nach Williams ⁹⁾ als Depolarisator ein Gemenge von 3 Theilen Kaliumbichromat, 2 Theilen Natriumnitrat, 2 Theilen Kaliumpermanganat, 4 Theilen Chlorochromsäure, 6 Theilen

¹⁾ E. P. 15063/1887. — ²⁾ A. P. 403868. — ³⁾ C.-Sch. 131. — ⁴⁾ A. P. 474454/1890. — ⁵⁾ D. P. 45251. — ⁶⁾ A. P. 430075. — ⁷⁾ A. P. 404699. — ⁸⁾ A. P. 386090. — ⁹⁾ El. Rev. (1893) 33, 299, 317.

Mangansuperoxyd und 20 Theilen Kohle, durch das, nachdem es bis zum Schmelzen der Salze erwärmt ist, Sauerstoff geleitet wird. Ein Element von 15×10 cm, in dem jede Elektrode eine wirksame Oberfläche von 110 cm^2 besitzt, soll 10—12 Std. lang 2 A. bei 1.785 V. liefern. Poppowitsch¹⁾ gibt folgende Packung an: Seesalz, Ammoniak, Kaliumbichromat, Braunstein, concentrirte Schwefelsäure, Sägespäne. Mit Mineralwolle, die mit Schwefelsäure und Chromsäurelösung getränkt ist, füllt Pennock²⁾ sein mit Diaphragma versehenes Element. Desruelles saugt Chromsäuremischung durch Asbest auf. Renault und Desvernay³⁾ füllen ein cylindrisches Graphitgefäß mit Kieselsäuregallerte. Dieser ist oben in der Nähe der Zinkelektrode ein Quecksilbersalz, unten ein Gemisch von Alkalichromat, Natriumsulfat, Quecksilbersulfat, Schwefelsäure und Salpetersäure (»Dynamogen«) beigemengt. $E = 1.5 \text{ V.}$

Neuerdings füllt Renault⁴⁾ einen Behälter aus Retortenkohle mit gelatinöser Kieselsäure, die am Boden mit dem 60fachen Volumen Chromsäure vermischt ist und oben eine Zinkspirale enthält. Bei geringer Grösse des Elementes soll sein E gross sein. Chromhydroxyd bringen Lesenburg und von der Poppenburg⁵⁾ in den Kohlencylinder. Die übrige Füllung ist ein wunderliches Gemenge aus Stroh oder Heu, Dextrin, Glykose oder Stärke etc.

Dun⁶⁾ füllt mit einem Stärkekleister, der mit Natronlauge (1:3) gekocht ist, ein Batterieglas etwa 1 cm hoch, stellt nach dem Erstarren den nur oben offenen

¹⁾ A. P. 511159. — ²⁾ A. P. 377210. — ³⁾ Génie civ. (1889) 15, 320; vgl. Montpellier, Rev. intern. de l'élect. (1890) 10, 132. — ⁴⁾ L'Électricien 1895, 256. — ⁵⁾ E. P. 14089/1892. — ⁶⁾ G.-St. 348.

und seitlich durchlöcherten, mit Pergamentpapier umgebenen und mit Kohle und Permanganat gefüllten Kohlencylinder darauf, hängt den Zinkcylinder in das Glas ein und füllt es mit dem Kleister bis etwas unter den Rand. Nachdem Natronlauge in den Kohlencylinder gegossen ist, wird er mit Pergamentpapier geschlossen, mit dem Kleister und schliesslich mit Gyps oder Paraffin bedeckt. $E = 1.3 \text{ V}$.

Um die Depolarisation an der negativen Elektrode gleichbleibend zu machen und an der Zinkelektrode ein leicht lösliches, gut leitendes Salz zu bilden, verwendet Ochs ¹⁾ als Depolarisationsmittel ein unlösliches Bleisalz, gemengt für eine Kohlenelektrode mit Schwefel, für eine Metallelektrode mit Sulfid.

Die erregende Masse von Moorthamers ²⁾ (Salmiak, Aetzkalk und Chlorkalk) wirkt auch zugleich depolarisierend. Ausserdem ist die Kohle noch mit einem besonderen Depolarisator in einem Leinwandsack umgeben. Hartmann und Braun ³⁾ wählen als positiven Pol das Elementgefäss selbst, das aus Zink- oder Bleiblech besteht. Der Kasten ist innen mit Gyps bekleidet, der mit Chlorkalklösung angerührt worden ist. In das Gefäss kommt ein Brei aus Bleisuperoxyd, Kaliumpermanganat und Chlorkalklösung, darüber Chlorkalkpulver. Die negative Elektrode besteht aus Kohle oder Blei. Geschlossen wird das Element durch Cement, der mit Wasserglas angerührt ist, und durch eine Harzschrift.

v. Poppenburg ⁴⁾ benutzt zur Füllung von depolarisirten Zink-Kohle-Elementen ein zur Trockne ver-

¹⁾ D. P. 61079. — ²⁾ E. P. 17238/1888. — ³⁾ D. P. 47695. — ⁴⁾ E. P. 8226/1895.

dampfes Gemisch, das durch Aufkochen von 500 g Häcksel in 1 Liter Wasser und Zufügen von 250 g Quecksilberchlorid erhalten wird.

Wollaston¹⁾ setzt einen mit Silberchlorid zum grössten Theile umkleideten Silberdraht auf eine trichterförmige Eboniteinlage am Boden eines Zinkgefässes, füllt die breiige Abkochung von isländischem Moos in Ammoniumchloridlösung herum, bedeckt diese mit einer durchlöcherten Ebonitplatte und schliesst den Cylinder durch Glaswolle und Pech. Liebig und Willms²⁾ umgeben den Silberchloridblock mit einem seitlich aufgeschlitzten, unten geschlossenen Zinkcylinder und füllen allen freien Raum mit Baumwolle, Filtrirpapier oder ähnlichen Materialien, die mit Zinksulfatlösung getränkt sind. Das zur Depolarisation dienende geschmolzene Gemenge aus $\frac{1}{4}$ Theil Silberchlorid, 10 Theilen Ammonium-Quecksilberchlorid und 3 Theilen Natriumchlorid rührt Scrivanow³⁾ mit einer schwach sauren 80⁰/₀igen Zinkchloridlösung zu einem Brei an, bedeckt damit eine Kohlenplatte, legt 5—6 Blätter Filtrirpapier, das mit Zink- und Natriumchloridlösung durchtränkt ist, und dann das Zink darauf. $E = 1.5—1.6$ V.

Gaiffe legt zwischen eine Zink- und eine Silberplatte Silberchlorid und mit Zinkchloridlösung (1:100) durchfeuchtetes Filtrirpapier. Meinecke⁴⁾ bildet Silberchlorid dadurch auf den Kohlenelektroden, dass er sie vor dem Eintauchen in die als Elektrolyt dienende Ammoniumchloridlösung mit Silbernitrat- oder -Sulfatlösung durchtränkt.

¹⁾ E. P. 669/1894. — ²⁾ A. P. 437469. — ³⁾ Dingl. (1883) 248, 178. — ⁴⁾ D. P. 52223.

Archer¹⁾ bringt die Elektroden, getrennt durch eine zur Absorption von Flüssigkeiten geeignete Substanz, in einen leicht zu öffnenden Kasten. Ein innerer wasserdichter und ein äusserer biegsamer Behälter schliessen bei Davis²⁾ die Füllmasse ein. Höfel & Co.³⁾ umspinnen die Zinkgefässe mit einer sehr festen, gegen Säure und Feuchtigkeit widerstandsfähigen Hülle von grossem Isolationswiderstand.

Zerlegbar gestaltet Pechül⁴⁾ das Element dadurch, dass der Zinkcylinder aufklappbar gemacht wird. Mit der Erregersalzlösung wird Filtrirpapier getränkt und um die Kohle gewickelt.

Koller⁵⁾ stellt Platten aus Metallsalzen und Agar-Agar her. Coleman⁶⁾ lässt den Erreger von einem Strohpappdeckel, der an der Innenwand des Zinkgefässes liegt, aufsaugen. Gut ist auch mit siedendem Wasser ausgelaugte Holzasche dazu verwendbar.⁷⁾ Schoth⁸⁾ benutzt zusammengepresstes trockenes Torfmoos.

Aus siedender Seifenlösung, etwas Kleie und Aetzkali stellt Meserole⁹⁾ ein Füllmittel her. Goodwin's¹⁰⁾ Füllung mit Faserstoffen oder Vegetabilien ist nicht neu. Kieselsäuregallerte verwendet Zierfuss.¹¹⁾ Damit in ihr durch die aufsteigenden Gasblasen keine Risse entstehen, setzt ihr die Maschinenfabrik Oerlikon¹²⁾ fein zertheilte feste Kieselsäure, oder Asbest, Glaswolle, Glaspulver zu.

H. T. Johnson¹³⁾ legt Erreger und Depolarisator in abwechselnden Schichten übereinander. Damit Luft

¹⁾ A. P. 548415/1895. — ²⁾ A. P. 470552. — ³⁾ El. Anz. 1893, 1281. — ⁴⁾ D. P. 70643. — ⁵⁾ A. P. 496228. — ⁶⁾ A. P. 495306. — ⁷⁾ J. appl. él. 1890, 210. — ⁸⁾ E. P. 9928/1891. — ⁹⁾ El. World (1888) 11, 78. — ¹⁰⁾ E. P. 14901/1887. — ¹¹⁾ D. P. 49423/1888. — ¹²⁾ D. P. 54251/1890. — ¹³⁾ A. P. 483654, 487839.

zutreten kann, macht Hoy¹⁾ Boden und Deckel des Gefäßes porös.

Um das Austrocknen zu vermeiden, führt Hieronymus²⁾ einen Docht von der Füllmasse zu einer darunter befindlichen, Wasser enthaltenden Kapsel. Wolf Schmidt und Brehm³⁾ verbinden zu demselben Zwecke die Füllmasse mit der Luft durch Glasröhren, die mit hygroskopischen Salzen gefüllt sind. Hellesen⁴⁾ lässt die bei der Arbeit des Elementes gebildeten Gase durch hygroskopische Substanzen streichen, die den Raum zwischen den doppelten Wänden des Gefäßes erfüllen.

Um den Gasdruck im Innern unschädlich zu machen, ordnet Jungnickel⁵⁾ als Druckregulatoren im Elemente geräumige Glasflaschen mit abwärts gerichteten Oeffnungen an, in die der Elektrolyt gedrückt werden kann. Reiniger, Gebbert & Schall⁶⁾ versehen die Elemente im Innern mit elastischen Hohlkörpern, die mit der äusseren Luft Verbindung haben. Starck⁷⁾ schlägt zu demselben Zwecke ein Bunsen'sches Kautschukventil vor.

¹⁾ A. P. 441843. — ²⁾ Elektrot. Zeitschr. (1891) 12, 72. — ³⁾ D. P. 51624. — ⁴⁾ D. P. 48448. — ⁵⁾ E. P. 17269/1895. — ⁶⁾ D. P. 54461/1889. — ⁷⁾ D. P. 66676.

4. Normalelemente.

Die Normalelemente müssen grosse Constanz haben, leicht und mit absoluter Sicherheit mit ein und derselben elektromotorischen Kraft hergestellt werden können und möglichst niedrigen Temperatur-Coëfficienten zeigen. Die verwendeten Materialien müssen vollständig rein sein.¹⁾

Die am häufigsten verwendeten sind Quecksilbersulfat-Ketten (vgl. S. 55).

Latimer Clark²⁾ bringt auf den Boden eines etwa 2 cm weiten Reagensglases Quecksilber, von dem ein im Element zum Kreise umgebogener, in den Boden des Glases eingeblasener Platindraht oder ein von der Oberfläche nach oben gehender, von einer Glasröhre umgebener Draht den Strom ableitet. Vor jedem Gebrauche wird das Quecksilber frisch bedeckt mit einer dickflüssigen Paste, die aus Mercurosulfat durch Kochen mit concentrirter Zinksulfatlösung und etwas Quecksilber hergestellt ist. In die Paste taucht ein Zinkstab. Man erhitzt das Element längere Zeit auf Siedetemperatur, um alle Luft aus der Paste zu entfernen, giesst auf

¹⁾ Electrician (1890) 24, 295, 343 (Lord Raileigh und Cahart); Phil. Mag. 1889 [5] 28, 420. — ²⁾ Phil. Transact. 1874; J. of the Soc. of Telegr. Eng. (1878) 7, 53.

diese etwas geschmolzenes Paraffin und verschliesst das Glas mit einem Paraffinstöpsel.

Lord Rayleigh¹⁾ hat gefunden, dass sich das Paraffin leicht vom Glase trennt, wodurch allmählich Eintrocknen des Elementes stattfindet. Die elektromotorische Kraft wird dann niedriger. Um dies zu vermeiden, dichtet er mit Marine-Leim. Man erhält auch eine zu niedrige elektromotorische Kraft, wenn die Zinklösung übersättigt oder das Quecksilber nicht rein ist. Um ersteres zu vermeiden, setzt man der Lösung einige feste Krystalle zu. Die Paste darf nicht sauer und die Zinksulfatlösung muss gesättigt sein, da sonst die elektromotorische Kraft zu hoch wird. Lord Rayleigh wendet ein H-förmiges Elementengefäss an.

Negbauer²⁾ biegt das Quecksilber enthaltende Gefäss U-förmig und führt in den einen Schenkel den Platindraht ein.

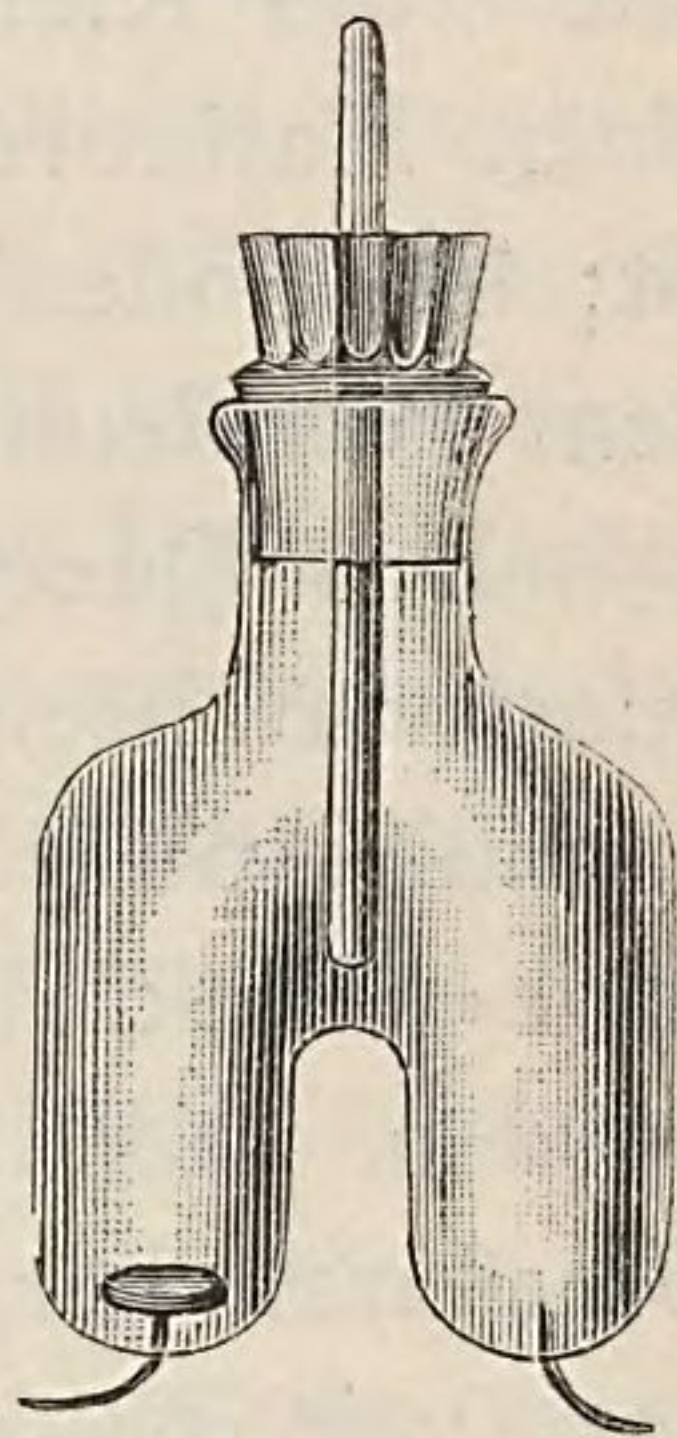
K. Kahle³⁾ von der Physikalisch-technischen Reichsanstalt verwendet ein Gefäss (siehe Fig. 25) mit zwei verticalen, wenigstens 2 cm weiten und 3 cm langen, unten verschlossenen Schenkeln, die oben zu einem gemeinsamen, durch einen eingeschliffenen Glasstöpsel verschliessbaren Halse von mindestens 1.5 cm Weite und 2 cm Länge vereinigt sind. In den Böden der beiden Schenkel sind etwa 0.4 mm starke Platindrähte eingeschmolzen. Diese werden überdeckt in dem einen Schenkel von Quecksilber, in dem anderen von einem heiss-flüssigen, nach dem Erkalten erstarrenden Amalgam aus etwa 90 Theilen Quecksilber und 10 Theilen Zink.

¹⁾ Phil. Transact. (1884) 175, 411. — ²⁾ Wied. Ann. (1892) 44, 765. —

³⁾ Zeitschr. f. Instrum. 1893, Heft 5.

Es muss darauf geachtet werden, dass nicht Theile des Amalgams mit dem Quecksilber in Berührung treten und die Wände der Schenkel nicht beschmutzt werden. Auf das Quecksilber wird eine etwa 1 cm hohe Schicht einer steifen Paste gebracht, die durch Zusammenreiben von 2 Theilen Mercurosulfat und 1 Theil Quecksilber mit einem Brei aus zerkleinerten Zinksulfatkrystallen und concentrirter Zinksulfatlösung (letztere ist nur nöthig, wenn das Quecksilbersalz trocken ist) gewonnen ist. Die Paste muss überall von Zinksulfatkrystallen und kleinen Quecksilberkugeln durchdrungen sein. Grössere Luftblasen werden durch Klopfen entfernt. Paste und Amalgam werden mit einer etwa 1 cm hohen Schicht von Zinksulfatkrystallen, und zwar so viel, dass sie auch noch bei der höchsten vorkommenden Temperatur im Ueberschuss vorhanden sind, überdeckt. Dann wird das ganze Gefäss mit concentrirter Zinksulfatlösung so weit gefüllt, dass beim Eindrehen des an seinem oberen Rande mit alkoholischer Schellacklösung bestrichenen Glasstöpsels nur eine kleine Luftblase bleibt, die das Gefäss bei starker Temperaturerhöhung vor dem Zerspringen schützt. Ist das Element zur Versendung bestimmt, so tritt an Stelle des Quecksilbers ein elektrolytisch amalgamirtes, kreisförmiges Platinblech von etwa 1 cm Durchmesser und 0.1 mm Dicke, das mit dem durch den Boden des einen Schenkels eingeführten Platindraht fest vernietet ist. Statt mit concentrirter Zinksulfatlösung

Fig. 25.



wird das Element mit der Quecksilberoxydulsulfat-Paste so weit gefüllt, dass beim Verschlusse diese eben vom Glasstopfen berührt wird. In den Glasstöpsel wird ein Thermometer eingeschmolzen, dessen Quecksilbergefass möglichst tief in das Element hineindringt und dessen Scala möglichst weit daraus hervorragt. Zur sicheren und leichten Handhabung wird das Element in einer verschlussfähigen Metallkapsel befestigt, die zum Einsetzen in ein Petroleumbad bestimmt ist. Ihr Deckel ist mit zwei Klemmen versehen, von denen jede durch einen Platindraht mit je einer der Elektroden verbunden ist; ihr Boden ist durchlocht, so dass das Element von dem Petroleum des Bades umspült wird.

Das Quecksilber muss durch die bekannten Reinigungsverfahren und Destillation im Vacuum vollständig von allen positiveren Metallen befreit sein. Das »chemisch reine« Zink des Handels kann ohne Weiteres benutzt werden. Das Amalgam wird bei 100 Grad unter mässigem Umrühren hergestellt. Zinksulfat, das keine freie Säure und kein Eisen enthält, braucht nur umkrystallisirt zu werden. Ist freie Säure zugegen, so kocht man gleiche Theile Zinksulfat und Wasser bis zum Aufhören der Gasentwicklung und Bildung eines weissen oder bräunlichen Niederschlages beim Erkalten mit Zinkfeilspänen im Porzellengefäss, lässt zwei Tage ruhig stehen und filtrirt, wenn kein Eisen vorhanden ist. Bei dessen Gegenwart elektrolysirt man die 60—80 Grad warme Lösung noch 6 Stunden unter Benutzung von Platinelektroden mit einer Stromdichte von 0·4 A. auf das Quadratcentimeter. Die Concentration der Lösung ist durch Bedecken des Gefässes während aller Operationen annähernd un-

verändert zu halten. Das Filtrat verrührt man mit säurefreiem Mercurosulfat (etwa 50 g pro Liter) so lange, bis nach eintägigem Stehen eine Probe, mit neuem Mercurosulfat geschüttelt, dieses selbst nach mehreren Stunden nicht mehr merklich gelb färbt. Dann wird filtrirt, eingedampft und auf dem Wasserbade unter Bedecken erkalten gelassen. Die concentrirte Lauge wird abgezogen und weiter verwendet. Die Krystalle werden durch Neigen der Schale von der Mutterlauge befreit, nicht zu scharf getrocknet und in einem verschlossenen Gefässe aufbewahrt. Ist das Mercurosulfat durch basisches Salz gelb gefärbt, so verrührt man 1 Theil mit 2 Theilen destillirtem Wasser und fügt unter Rühren so viel eines Gemisches aus 1 Theil Schwefelsäure und 1000 Theilen Wasser hinzu, dass die Gelbfärbung eben verschwindet. Der Brei wird nach dem Abgiessen der Flüssigkeit noch einige Male mit destillirtem Wasser durchgespült. Zeigt das zu verwendende Mercurosulfat selbst bei längerem Schütteln mit Wasser keine Gelbfärbung, so ist es mit Wasser auszuwaschen, bis sich diese in Spuren zeigt. Das feuchte Salz darf nur mechanisch von etwas Wasser befreit, nicht durch Erwärmen getrocknet werden.

Das so hergestellte Element dient jetzt meist bei Messungen als Normale, da es sehr constant ist und seine EMK nur um Zehntausendstel variirt. Der Werth des ziemlich grossen Temperaturcoefficienten ist für eine bestimmte Temperatur unveränderlich.¹⁾ Nach S. Skinner²⁾ ist bei einer Stromdichte von 0·0001 A. pro Quadratcentimeter wirksamer Quecksilberoberfläche die Polarisation zu vernachlässigen.

¹⁾ Limb, Compt. rend. (1895) 121, 199. — ²⁾ Phil. Mag. (1894) 38, 271.
Peters, Elektrochemie. I.

Clark gab E seines Elementes, als Widerstandseinheit das Ohm der British Association zu Grunde gelegt, ungenau zu 1.457 V. an. Nach Lord Rayleigh ist sie, 1 O. = 1.06 Q.-E. angenommen, = 1.438 V., nach K. Kahle, wenn ausserdem 1 A.-St. 4.025 g Silber entspricht, = 1.4377 V., für 1 O. = 1.063 Q.-E. gleich 1.433 V., nach Glazebrook und Skinner¹⁾ gleich 1.4342 V. bei 15 Grad, nach Limb²⁾ 1.4535 abs. V. bei 0 Grad. Sie nimmt zwischen 10 und 25 Grad bei Zunahme der Temperatur um 1 Grad im Mittel um 0.00115 V. ab. Nach A. Mauri³⁾ beträgt der Temperaturcoefficient 0.00105.

Um das Kahle'sche Clark-Element bequemer tragbar zu machen, setzt Carhart⁴⁾ auf eine Asbestplatte, die Quecksilber und Quecksilbersulfatpaste in ihrer Lage hält, einen möglichst dicht an das Rohr schliessenden Zinkkolben, schützt dessen stangenförmigen Ansatz durch eine Glasröhre, umgibt ihn mit Zinksulfatlösung und schliesst diese nach oben durch einen paraffinirten Kork und eine Wachsschicht ab. Die Quecksilbersalzpaste und die Zinksulfatlösung enthält feine Krystalle von Zinksulfat. Zur Verhütung von Kurzschluss werden die Elemente mit einem in Serie zum Stromkreise geschalteten Graphitwiderstand von 10.000 O. versehen.⁵⁾ E = 1.440 V. bei 15 Grad. Von Matthews und Hewes⁶⁾ untersuchte Zellen ergaben Abweichungen von höchstens 0.04%, im Mittel 0.02%, vom berechneten

¹⁾ Proc. Roy. Lond. Soc. (1892) 51, 60. — ²⁾ Compt. rend. (1895) 121, 199. — ³⁾ Sitzung des Istit. lomb. di Scienze e Lett., Milano, 16. Mai 1895; Jahrb. Elektroch. (1895) 2, 55. — ⁴⁾ Electrician, London 1895, 844. — ⁵⁾ C.-Sch. 146. — ⁶⁾ El. Rev. (1892) 31, 32.

Werthe 0.03% . Der Temperaturcoefficient beträgt 0.00040 bei 0 Grad, 0.000376 bei 25 Grad und 0.000361 bei 40 Grad.

Ersetzt man das Mercurosulfat durch das Acetat, so erhält man nach A. Mauri¹⁾ ein Element von ganz constanter E M K.

Weston, der früher²⁾ Zink und Platin in einem Brei aus Zinksulfat und Mercurosulfat angewendet hatte, stellt neuerdings eine Zelle³⁾ mit zehnmal kleinerem Temperaturcoefficienten als ihn das Clark-Element besitzt her, indem er in diesem das Zink durch Cadmium, das Zinksulfat durch Cadmiumsulfat ersetzt. Jaeger und Wachsmuth verwenden ein T-förmiges Gefäß, das in einen entsprechend ausgebohrten Kork eingesetzt ist. Die Kathode besteht aus reinem Quecksilber. Dieses ist bedeckt von einer Paste aus Mercurosulfat, concentrirter Cadmiumsulfatlösung und einigen Krystallen von Cadmiumsulfat. Die Anode besteht aus flüssigem Amalgam aus 1 Theil Cadmium und 6 Theilen Quecksilber. $E = 1.025$ V. bei 20 Grad, nach Muirhead und Dearlove⁴⁾ bei Verwendung einer Anode aus 1 Theil Cadmium und 7 Theilen Quecksilber 1.0192 V. Der Temperaturcoefficient zwischen 0 und 10 Grad ist -0.00018 , zwischen 10 und 20 Grad -0.00050 , zwischen 20 und 30 Grad -0.00090 . Die Cadmiumsulfatlösung muss durch Erwärmen mit Carbonat neutral gemacht werden. Geringe Verunreinigungen mit Zink-, Magnesium- und Ferrosulfat ändern die E M K nur um wenige

¹⁾ Sitzung des Istit. lomb. di Scienze e Lett., Milano, 16. Mai 1895; Jahrb. Elektroch. (1895) 2, 55. — ²⁾ A. P. 439737; Elektrot. Zeitschr. (1890) 11, 675. —

³⁾ E. P. 22482/1891. — ⁴⁾ Wied. Beibl. (1894) 18, 936.

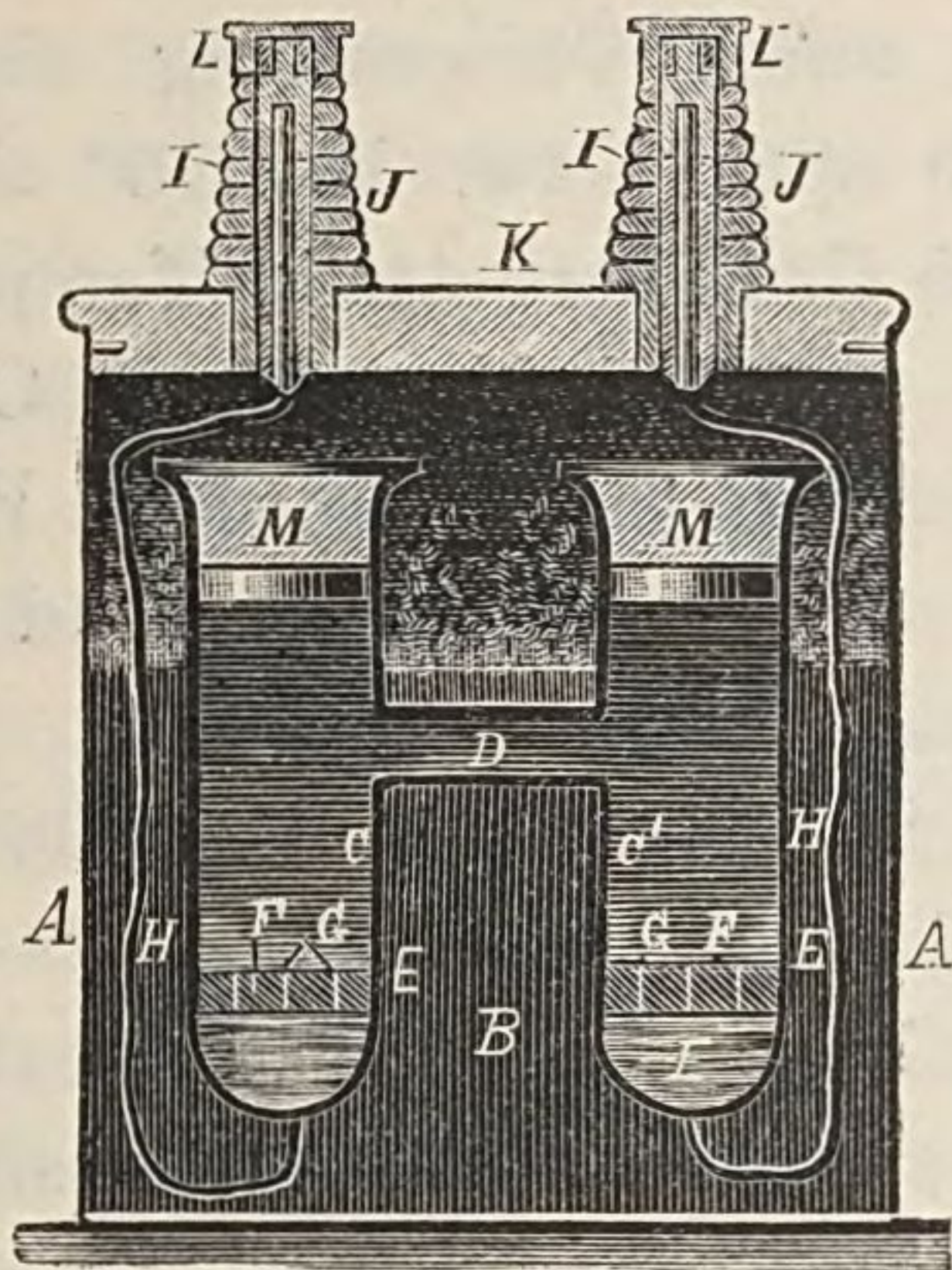
$\frac{1}{1000}$ Procent. Auch Spuren von Zink im metallischen Cadmium verursachen keine merkliche Abweichung von E ; eine Beimengung von 2% Zink erhöht sie dagegen um 0.0004 V. Dearlove¹⁾ hebt neben dem geringen Temperaturcoefficienten des Weston-Elementes und der Herstellbarkeit mit gewünschter Genauigkeit hervor, dass es keiner sorgfältigen Behandlung bedarf. Ob es den Vergleich mit dem Clark-Elemente aushalten kann, muss erst längere Erfahrung lehren.

Zur Construction des Normalelementes²⁾ wird jetzt in ein messingenes elliptisches Gehäuse A (siehe Fig. 26) ein Holzblock B eingeschoben, der zwei durch eine horizontale Röhre D mit einander verbundene Reagensgläschen C und C^1 aufnimmt. Um das Cadmiumamalgam in C und das Quecksilber-Mercurosulfat-Gemenge in C^1 an ihrer Stelle zu halten, legt man ein Stück Musselin oder anderen Stoffes E darauf, biegt dessen Ränder nach oben und drückt einen mit Löchern G versehenen Kork F ein. Die Löcher gestatten den freien Zutritt der über dem Stopfen befindlichen gesättigten Cadmiumsulfatlösung zu den Elektroden. Eingekittete Stöpsel M verschliessen die Gläser C und C^1 . Durch deren Boden gehen zu den Elektroden Drähte H . Sie sind mit Kupferdrähten I , die in Klemmen J stecken, verbunden. Letztere, die mit Deckkappen L versehen sind, werden vom Kautschukdeckel K getragen. Dieser wird aufgesetzt, nachdem der Raum über dem Block B mit einer Mischung aus Bienenwachs, Harz und Leinöl ausgegossen ist.

¹⁾ Electrician, London (1893) 31, 645. — ²⁾ D. P. 75194/1892.

M. Gouy ¹⁾ ersetzt im Clark-Elemente das Mercurosulfat durch Quecksilberoxyd, die gesättigte Zinksulfatlösung durch eine 10%ige vom spec. Gew. 1·06. Um Berührung von Zink und Quecksilberoxyd zu verhindern, wird ersteres in eine Glasröhre eingeschlossen, die nur nahe am unteren Ende ein kleines Loch hat,

Fig. 26.



oder mit einem Leinwandbeutel umhüllt. Wenn das Element nach der Schliessung geschüttelt wird, verschwindet die negative Polarisation, die noch nicht $\frac{1}{1000}$ der E beträgt, nach einiger Ruhe. Die länger anhaltende, bei Ladestrom auftretende positive Polarisation kann durch kurz dauernde Schliessung vernichtet werden. E bei 12 Grad 1·390 V., bei t Grad $1·390 - 0·0002(t - 12)$ V.; nach Limb ²⁾ bei 0 Grad 1·3928 abs. V.; nach Glaze-

¹⁾ Journ. de Phys. 1888 [2] 7, 532; Compt. rend. (1887) 104, 781. — ²⁾ Compt. rend. (1895) 121, 199.

brook und Skinner¹⁾ bei Verwendung von gelbem Quecksilberoxyd 1·381 V, bei Verwendung von rothem 1·388 V. Das Element besitzt sehr kleinen Temperaturcoëfficienten und ist sehr widerstandsfähig.²⁾

v. Helmholtz³⁾ construirt ein Normalelement aus Quecksilber, Quecksilberchlorür; Zink, basischer Zinkchloridlösung aus 63·736 g Zinkchlorid, 0·881 g Zinkoxyd und 35·383 g Wasser. $E = 1·047$ V. Ostwald⁴⁾ hat durch Verwendung einer Zinkchloridlösung von 1·409 spec. Gew. bei 15° ein Element mit $E = 1·00$ V bei 15 Grad hergestellt. Temperaturcoëfficient für 1 Grad C. $+ 0·00007$. Nach H. S. Carhart liefert obige Zinkchloridlösung eine zu kleine E; sie muss vielmehr, damit $E = 1$ V. ist, bei 15 Grad das specifische Gewicht 1·391 haben.

Bei t Grad ist $E = 1 + 0·000085 (t - 15) + 0·000·0006 (t - 15)^2 + 0·000·00001 (t - 15)^3$, zwischen 10 Grad und 30 Grad $= 1 + 0·000094 (t - 15)$.

Negbauer⁵⁾ verreibt das Quecksilberchlorür mit verschieden concentrirter Salzsäure, Natriumchlorid- und Lithiumchloridlösungen und schichtet es über Quecksilber. E mit Salzsäure 1:10 $= 1$ V., mit 4·0 Salzsäure gegen 0·99 Salzsäure oder 2·5 Natriumchlorid gegen 0·1 Natriumchlorid $= 0·1$ V.

Baille und Féry⁶⁾ verwenden als positive Elektrode gleichfalls eine amalgamirte Zinkplatte, als negative einen Bleidraht, der von einer mit heiss gefälltem krySTALLINISCHEM Bleichlorid gefüllten Glasröhre umgeben

¹⁾ Proc. Roy. London Soc. (1892) 51, 60. — ²⁾ Compt. rend. (1895) 121, 199. — ³⁾ Sitzungsber. der Berl. Akad. 1882, 834. — ⁴⁾ Zeitschr. phys. Ch. 1, 403. — ⁵⁾ Wied. Ann. (1891) 44, 767. — ⁶⁾ Journ. de Phys. 9, 234.

ist, als Elektrolyten Zinkchloridlösung von 1.157 spec. Gew., die durch Schütteln mit etwas Zinkoxyd neutralisirt ist. $E = 0.5$ V.; sie sinkt, wenn das spec. Gew. der Zinkchloridlösung von 1.005 bis 1.40 steigt, von 0.550 bis 0.460 V.; sie ändert sich um 0.0015 V., wenn nahe unter 1.157 das spec. Gew. sich um 0.01 vermindert; einem Temperatur-Unterschied von 46 Grad entspricht eine Aenderung der E von nur 0.005 V. Das Element zeigt eine etwas stärkere Polarisation als das Daniell'sche, wird aber rasch wieder normal. Bei längerem Gebrauch kann sich Blei auf dem Zink absetzen.

Schwefeljodid oder ein Gemenge von Quecksilberoxyd und Jod, das eine etwas höhere EMK gibt, gebraucht Northrup¹⁾ als Depolarisator. Dieser umgibt in dem von Queen & Co. hergestellten Elemente in Breiform die Kohlenelektrode, die sich am Boden eines Reagensglases befindet und zur Stromableitung ein Platindrähtchen besitzt. Ueber den Depolarisator ist bis zu $\frac{2}{3}$ der Höhe des Glases eine mit 6 Wasser angemachte Paste aus 2 Aluminiumchlorid und 3 Zinkoxyd gegossen, in der ein Zinkstab steht, der mit seiner unteren rechtwinkligen Abbiegung bis nahe an die Kohle reicht. Ueber dem Erreger befindet sich eine zähflüssige Masse. Verschlössen wird das Glas mit Gyps. Gasentwicklung soll bei dem Elemente vollständig vermieden sein. $E = 1.35 - 1.4$ V; $W_i = 25 - 30$ O.

Vielfach hat man auch das mehr oder weniger abgeänderte Daniell-Element als Normale benutzt. Durch Diffusion der Kupfer- in die Zinklösung und dadurch

¹⁾ A. P. 520120/1894.

veranlassten Absatz von Kupfer auf dem Zink können aber Fehler von 2—3% gemacht werden. Immerhin kommt man für technische Zwecke mit einem Daniell-Elemente mittlerer Grösse aus, wenn man den Zinkcylinder frisch amalgamirt, den Kupfercylinder mit einem Stahlmesser abschabt, in der Thonzelle Zinksulfatlösung vom spec. Gew. 1.100 und ausserhalb ebenso dichte Kupfersulfatlösung verwendet. E annähernd = 1.095 V.

Wird die Kupfersulfatlösung concentrirter, so wird E grösser; wird die Zinksulfatlösung concentrirter, so verringert sich E . Diese Aenderungen sind aber annähernd gleich, so dass für gleich starke Lösungen, wenigstens in gewissen Grenzen, die absolute Concentration der Lösungen E nicht beeinflusst. Die geringste Oxydation des Kupfers erhöht E um 0.3%, ein Anflug von Oxyd um 2%. Der Kupferdraht muss deshalb vor jedem Gebrauch von neuem galvanisch verkupfert werden. Durch Oxydation des Zinks wird E erniedrigt; der chemisch reine Zinkstab muss deshalb vor dem Einsetzen in das Element mit sehr verdünnter Schwefelsäure abgespült oder amalgamirt werden. E ändert sich auch dadurch, dass sich allmählich bei Luftzutritt Kupfer in der Kupfersulfatlösung löst, und mit der Temperatur. Wenn diese von 37 auf 100 Grad steigt, kann nach Lindig¹⁾, verdünnte Schwefelsäure als einen der Elektrolyten vorausgesetzt, die Aenderung von E 3.6% ausmachen.

Crova und Garbe²⁾ füllen ein U-förmiges Glasrohr, das einen weiteren und einen engeren Schenkel

¹⁾ Pogg. Ann. (1864) 125, 1. — ²⁾ J. de Phys. (1884) [2] 3, 299.

besitzt, und durch eingeschlifene Glasstopfen, in welche die Stromableitungsdrähte eingeschmolzen sind, verschlossen ist, zum Theil mit bei 0 Grad concentrirter Kupfersulfatlösung, in die ein Kupferdraht taucht, und bringen in den weiteren Schenkel eine Flasche aus Kaliglas, die bei 0 Grad gesättigte Zinksulfatlösung und einen an einen Platindraht angelötheten amalgamirten Zinkdraht enthält.

Auf ähnliche Weise verhindert Lodge¹⁾ eine Mischung der beiden Elektrolyten. Durch den luftdicht eingesetzten Stopfen eines 10 cm hohen Pulverglases geht eine beiderseitig offene Glasröhre, die aber am unteren Ende verengt ist. Sie nimmt einen amalgamirten Zinkblechstreifen auf. Durch einen Seidenfaden ist an ihr eine zweite kürzere, unten geschlossene Glasröhre befestigt, die mit Krystallen und Lösung von Kupfersulfat theilweise gefüllt ist, und in die ein oben isolirter Kupferdraht mit einer Endigung aus Elektrolyt-Kupfer taucht. Der Rand dieser zweiten Glasröhre ragt etwa 8 mm über die Oberfläche der verdünnten Schwefelsäure oder sehr verdünnten Zinksulfatlösung, die das Pulverglas zum Theil erfüllt, hinaus. Die Stromleitung erfolgt auch hier durch die Feuchtigkeit am Rande der kleineren Glasröhre. Wird verdünnte Schwefelsäure von 1.075 spec. Gew. bei 18 Grad und Kupfersulfatlösung von 1.2 spec. Gew. verwendet, so ist $E = 1.182$ V. Für jeden Grad Temperaturerhöhung steigt E um 0.02%.

Burton²⁾ füllt mit den Elektrolyten die beiden Schenkel eines U-Rohres, dessen Biegung einen mit Gyps

¹⁾ Phil. Mag. (1878) [5] 5, 1. — ²⁾ Phil. Mag. 1885 [5] 20, 126.

gefüllten Hahn besitzt. Ein ähnliches Gefäß verwendet A. Fleming¹⁾ und füllt es mit concentrirter Zinksulfat- und mit Kupfersulfatlösung. Wird E eines Clark-Elementes $= 1.438$ V. gesetzt, so ist die der Fleming'schen Kette bei 18—20 Grad, wenn beide Lösungen das spec. Gew. 1.200 haben, nach Fleming $= 1.104$, nach C. L. Weber²⁾ 1.106 V.; wenn die Zinksulfatlösung das spec. Gew. 1.200, die Kupfersulfatlösung 1.100 hat, nach Voller³⁾ $= 1.075$, nach C. L. Weber²⁾ 1.100, nach Lindig⁴⁾ 1.101; wenn die Dichte der Zinksulfatlösung 1.400, die der Kupfersulfatlösung 1.100 beträgt, nach Fleming $= 1.074—1.083$, nach Lindig³⁾ 1.087. $W_i = 300$ O.

Hering⁵⁾ hat bei dem Fleming'schen Normalelement in dem die beiden Gefäße verbindenden Rohre einen offenen Ansatz durch zwei Kautschukschläuche mit Quetschhähnen eingeschoben. Oeffnet man vor der Benutzung die Quetschhähne, so gleichen sich Druckdifferenzen in den Gefäßen gegen die Luft aus, ohne dass Flüssigkeit aus einem Behälter in den anderen übertreten kann. Die wenige Flüssigkeit, die sich auch bei geschlossenen Quetschhähnen durch die Schläuche zieht, ist für elektrometrische Zwecke ausreichend.

Genau dieselbe Form hat auch Carhart⁶⁾ dem Elemente gegeben. Er rath aber von seiner Verwendung ab.

Raoult⁷⁾ bringt die beiden Elektrolyten in zwei getrennte, 12 cm hohe und 10 cm weite Gläser und verbindet diese durch eine 2 cm weite

¹⁾ Phil. Mag. 1885 [5] 20, 126. — ²⁾ Elektrot. Zeitschr. (1891) 12, 181. — ³⁾ Centralbl. El. (1888) 10, 684. — ⁴⁾ Pogg. Ann. (1864) 125, 1. — ⁵⁾ El. Rev. (1891) 18, 167; J. Frankl. Inst. 131, 394. — ⁶⁾ El. Eng. N.-Y. (1891) 11, 626. — ⁷⁾ Ann. Chim. Phys. (1864) [4] 2, 345.

Π -förmige Röhre, die mit Zinksulfatlösung gefüllt ist, und deren Schenkel durch poröse, mit Siegellack befestigte Thonplatten verschlossen sind. Durch die Glasdeckel der Gläser gehen ausserdem zwei Kupferdrähte. An dem einen hängt eine 9×5 cm grosse amalgamirte Zinkplatte, an dem andern eine ebenso grosse Platte aus galvanoplastischem Kupfer. Die Kupfersulfatlösung wird durch Krystalle, die sich in einem auf dem erweiterten Rande des einen Glases ruhenden Porzellan-sieb befinden, concentrirt erhalten. Nach dem Gebrauche wird die Π -Röhre herausgenommen, abgespült und für sich aufbewahrt. Sie kann auch, ohne dass deshalb eine häufigere Erneuerung der Flüssigkeiten nothwendig wird, an ihrer Stelle bleiben, wenn man in ihr dicht über den Deckeln der Gläser Hähne anbringt und diese nach der Benutzung des Elementes schliesst. Die porösen Thonplatten können fortfallen, wenn man die Π -Röhre enger nimmt, die Schenkel unten aufwärts biegt und capillar endigen lässt.

Kittler¹⁾ taucht die aus reinem amalgamirten Zink und aus Elektrolyt-Kupfer bestehenden Elektroden in concentrirte Zinksulfatlösung vom spec. Gew. 1.463 bei 18 Grad oder in verdünnte Schwefelsäure vom spec. Gew. 1.075 und in concentrirte Kupfersulfatlösung vom spec. Gew. 1.190, die durch einen Heber verbunden sind. Ist E eines Clark-Elementes $= 1.434$ V. gesetzt, so ist sie bei diesem Elemente mit Zinksulfatlösung $= 1.042$ V., mit Schwefelsäure $= 1.177$ V.

Wied. Ann. (1882) 17, 890.

Shippsey Bros.¹⁾ hängen an einem Hartgummi-deckel einen Zinkstab und darum zwei concentrische, aufgeschlitzte Kohlen-Braunstein-Hohlcyylinder auf.

Für technische Controle der Voltmeter kann man auch die aus reinen Materialien hergestellten Bleiakkumulatoren nach dem System Faure benutzen.²⁾ Sie sollten möglichst neu sein und erst etwa 12 Stunden nach der Ladung zur Controle gebraucht werden. Durch Lufteinblasen ist die Säure gut durchzumischen. Temperatur und Dichte ist zu beobachten. Man kann setzen $E = 1.99 \text{ V.}$ bei 1.15 S. G. Nach F. Streintz³⁾ wird die Abhängigkeit der E von der Concentration der Schwefelsäure, wenn diese zwischen den spec. Gew. 1.055 und 1.279 schwankt, durch folgende Gleichung ausgedrückt:

$$E_s = 1.850 + 0.917 (S - S_0),$$

wo S das spec. Gew. der Säure, S_0 das des Wassers bei der Beobachtungstemperatur ist. Der Temperaturcoefficient für einen Grad beträgt 0.000255 V. , kann also für gewöhnlich vernachlässigt werden.

¹⁾ Electrician, London (1892) 30, 108. — ²⁾ C.-Sch. 159. — ³⁾ Wied. Ann. 1892, 46.

5. Allgemeine Vorschläge für Elemente und Elemententheile.

Zur gründlichen Beurtheilung von Elementen sind nach J. Zacharias ¹⁾ 1—2 Jahre lange Beobachtungen nöthig. Die Spannung allein lässt auf die Güte nicht schliessen. Um ein vollkommenes Bild der Leistung zu haben, muss man diese nach Watt-Stunden bemessen und die Stromstärke angeben, die dauernd entladen werden darf. Einen Anhalt für die Güte gibt die Stromstärke bei Kurzschluss.

Engledue ²⁾ gibt eine umstürzbare Batterie an. Bei seinem verschlossenen Elemente setzt Wensky ³⁾ zwei Becher, zwischen denen sich ein Staubfilter zur Verhütung des Absatzes des positiven Metalls an der Anode befindet, mit ihren Oeffnungen zusammen und dichtet durch Gummiringe. Der eine Becher enthält das Depolarisationsmittel, der andere, den eine durchlochte Zinkplatte abschliesst, nimmt die sich ausdehnende Flüssigkeit auf.

Der Metallelektrode kann man nach Kookogey ⁴⁾ eine sehr grosse Oberfläche geben, wenn man viele kurze Drahtbündelchen an einem Metallband befestigt

¹⁾ Zeitschr. Elektroch. (1896) 2, 584. — ²⁾ A. P. 481664. — ³⁾ D. P. 69465, — ⁴⁾ A. P. 425135.

und dieses zu einer flachen Spirale rollt. Um das Zink bis zum letzten Rest aufbrauchen zu können, gestaltet es d'Infreville¹⁾ als Stern mit abwärts stehenden Zacken. Der Stern hat oben in der Mitte einen konischen Zapfen, mit dem er, sobald er sehr klein geworden ist, in eine konische Bohrung, die sich unten in der Mitte eines neuen Sterns befindet, gesteckt wird. Sternförmige Elektroden, von denen die obere positive drehbar auf einem in der unteren stehenden Stabe sitzt, der mit Abstreichvorrichtung für den Zinkschwamm versehen ist und gehoben oder gesenkt werden kann, gibt Foote²⁾ an. Um das Auftreten von Localströmen und damit nutzlosen Zinkverbrauch zu vermeiden, setzt Moseley³⁾ die Elektroden aus mehreren dünnen amalgamirten Zinkblechen zusammen. Mehrere unter einander verbundene positive Elektroden stellt Robinson⁴⁾ einer Kohlenelektrode gegenüber. Um den Zinkstab amalgamirt zu erhalten, umgibt ihn Lyon⁵⁾ mit einer engen Scheide aus Ebonit, die unten auf zwei Seiten schräg abgeschnitten ist, und in die Quecksilber gegossen wird. Nur halb in das Elementenglas ragende Zinkcylinder stellt Rošt'lapil⁶⁾ in eine ringförmige Glas- oder Porzellanrinne, die etwas Quecksilber enthält und durch Ausschnitte den Ablauf der concentrirten Zinksulfatlösung gestattet.

Als unlösliche Elektrode verwenden Shrewsbury und Dobell⁷⁾ granulirtes Eisen oder anderes Metall im Gemenge mit Metalloxyd. Schäfer & Montanus und Dun⁸⁾ schützen die eine Elektrode durch einen

¹⁾ El. Eng. N.-Y. (1892) 14, 160. — ²⁾ A. P. 489559. — ³⁾ E. P. 13463/1890. — ⁴⁾ A. P. 447016. — ⁵⁾ A. P. 502405. — ⁶⁾ Oest. Zeitschr. Elektrot. (1895) 13 427. — ⁷⁾ E. P. 9108/1892. — ⁸⁾ D. P. 40118.

Ueberzug oder eine Scheidewand aus Gelatine vor dem Angriffe der die andere Elektrode umspülenden Flüssigkeit, oder sie tränken poröse Scheidewände mit Gelatine. Etwa ein Jahr vorher (1886) hatte schon Pollack mit Tannin gegerbte Gelatinehäute vorgeschlagen.

Poröse Kohle erhält Hellen¹⁾ durch Carbonisierung einer Mischung von Infusorienerde und Kohlenstoffverbindungen enthaltenden Substanzen. Graphit oder thierische Stoffe können beigemischt werden. Zur Entfernung von Verunreinigungen glüht Acheson²⁾ die Kohlenelektroden in einem mit Koks beschickten Schachtofen. Die hohlcyllindrische, unten offene Kohlenelektrode von Davis³⁾ ist so geformt, dass sie zugleich den Deckel des Elementenglases bildet. Hirliman⁴⁾ hängt den Kohlencylinder mit einer oberen Erweiterung an einem oberen Flansche des Gefässes auf, während sich die Zinkplatte unten an die Gefässwand legt. Zur Herstellung eines guten Contactes zwischen Kohle und Zuleitungsdraht wird letzterer von Alimonda⁵⁾ hakenförmig gebogen und in einer entsprechenden Vertiefung der Kohle durch eine darüber gekittete zweite Kohlenplatte festgehalten. Bei den zwei concentrisch angeordneten Elektroden Reud's⁶⁾ ist die innere mit einem auf dem einen Endabschlusse isolirt befestigten Knopf, die äussere mit einem Henkel verbunden. Um den Strom gleich zu erhalten, dreht Marcus⁷⁾ die eine, schraubenförmig gestaltete Elektrode.

¹⁾ Bull. intern. de l'él. 1892, 142. — ²⁾ A. P. 542982. — ³⁾ A. P. 430990 u. 430991. — ⁴⁾ A. P. 554124/1896. — ⁵⁾ E. P. 19191/1894. — ⁶⁾ A. P. 489832. — ⁷⁾ D. P. 75834/1893.

Gardner¹⁾ setzt eine durch den Boden des Elementes gehende Klemmschraube so mit einer metallischen Feder in Verbindung, dass beim Einsetzen des Zinkcylinders der Contact mit ihr automatisch erfolgt.

Ueber Diaphragmen ist auf den vorhergehenden Seiten bereits Verschiedenes mitgetheilt worden. Da die meisten für die Elektrolyse mehr Interesse haben als für Elementen-Constructions, werden wir im dritten Bande dieses Buches eine Uebersicht über die verschiedenen Vorschläge bringen. Hier seien nur noch zwei erwähnt, die sich auf die Construction beziehen.

Jeanty²⁾ versieht poröse Zellen innen mit Rippen, um weniger haltbare Elektroden zu stützen. Clark³⁾ bildet das Diaphragma aus zwei halben Hohlcylindern, die durch eine Bodenplatte und einen Sack zusammengehalten werden.

Zur Herstellung gesättigter Lösungen für die Elemente werden die Krystalle nach Poppowitsch⁴⁾ zunächst an den Boden des Gefäßes gebracht und erst wenn sich hier eine gesättigte Lösung gebildet hat, allmählich gehoben.

Um das Niveau der Erregerflüssigkeit immer gleich hoch zu halten, öffnet Powell⁵⁾ beim Sinken desselben durch einen auf der Flüssigkeit liegenden Schwimmer das Ventil eines über dem Elemente angebrachten Vorrathsgefäßes. Eine constante Batterie erhält Iwanowski⁶⁾ dadurch, dass er die einzelnen Elementengefäße unter sich und mit einem besonderen luftdicht verschlossenen Behälter verbindet. Ueber diesem steht ein Reservoir

¹⁾ A. P. 543931/1895. — ²⁾ D. P. 83857. — ³⁾ A. P. 528286/1894. — ⁴⁾ A. P. 480033. — ⁵⁾ A. P. 490231. — ⁶⁾ E. P. 24172/1895.

mit der Vorrathsflüssigkeit. Es besitzt Oeffnungen, die bei normaler Stärke des Batteriestromes durch Elektromagnete geschlossen werden. Es kann also aus ihm nur so lange Flüssigkeit in den unteren Behälter fließen, als es die Luftverdünnung noch zulässt. Nimmt aber die Stromstärke durch Polarisation ab, so lassen die Magnete nach, die Oeffnungen werden frei, und frische Lösung fließt ab u. s. f. Den Flüssigkeitsstand in nicht luftdicht verschlossenen Elementen regelt E. A. Wunderlich¹⁾ durch Druckluft.

Wenn beim Füllen der Zellen lebhafte Gasentwicklung stattfinden sollte, wird das Steigen und Ueberfließen des Elektrolyten nach Moffat²⁾ dadurch verhindert, dass man in dem zweckmässig noch von einer Kittschicht überlagerten Deckel Luftröhren anbringt, die unter Kappen aus Celluloid, Ebonit oder ähnlichem Stoffe endigen. Der heraus-spritzende Elektrolyt wird von diesen aufgefangen und fließt durch Löcher in den Luftröhren zurück. Abflussvorrichtungen für ausgenützte Lösungen und Vorrathsgefässe für Depolarisationssalze beschreibt Jeanty³⁾.

Krystallbildung und Gasentwicklung will Stiens⁴⁾ in seinem luftdicht verschlossenen Elemente durch ständige Bewegung des Elektrolyten hindern. Eine nicht ganz neue Circulations- und Lüftungs Einrichtung hat Schöning⁵⁾ wieder entdeckt.

Als Erregerflüssigkeit schlägt Maïche⁶⁾ Ammonium-nitrat, Schäfer⁷⁾ Milchsäure oder Lactate vor. Die

¹⁾ D. P. 84619. — ²⁾ D. P. 85828. — ³⁾ D. P. 83856. — ⁴⁾ E. P. 4185/1892.
— ⁵⁾ D. P. 80005. — ⁶⁾ E. P. 13215/1888. — ⁷⁾ A. P. 535464/1895.

Technik dürfte diesen theuren Substanzen kein besonderes Wohlwollen entgegenbringen.

Den Wasserstoff will Scheithauer¹⁾ durch Einführung von Sauerstoff in das geschlossene Element unschädlich machen (?). Um dem Luft-Sauerstoff, der depolarisiren soll, eine grosse Oberfläche zu bieten, besetzt Barnett²⁾ die cylindrische Kohlenelektrode, in der ein von dem teigigen Elektrolyten erfülltes Gefäss mit der Zinkelektrode steht, mit Kohlenfäden. Diese werden hergestellt,³⁾ indem man die Elektrode mit Baumwolle sammt beklebt und dann diesen und das Klebemittel verkohlt. Vor dem Verkohlen kann der Sammt auch noch mit Platinlösung getränkt werden.

¹⁾ E. P. 17994/1891. — ²⁾ D. P. 81978. — ³⁾ D. P. 75221.

B. Elemente, die zur directen Elektrizitätserzeugung aus Kohle dienen.

Fabinyi und Farkas¹⁾ verwenden als eine Elektrode einen Platintiegel, der durch Schmelzen von Kalium- oder Natriumhydroxyd innen mit Platinat überzogen ist, und als andere Elektrode Gaskohle in geschmolzenem Natriumhydroxyd. Die E wächst, wenn die Temperatur an der Kohle steigt, sie sinkt, wenn die Masse in der Nähe des Platins heißer wird. Lacasagne und Thiers²⁾ bringen den Kohlencylinder in einen Tiegel mit geschmolzenem Aluminiumchlorid und einen Eisencylinder in einen conaxialen Tiegel mit geschmolzenem Natriumchlorid. Langhans³⁾ will Kohle und Metalle in geschmolzenen Schwefelmetallen oder Metalloxyden verwenden.

Auch sonst sind wiederholt geschmolzene Oxyde oder Sauerstoff abgebende Salze (wie z. B. von Edison⁴⁾) vorgeschlagen worden, meist mit der Absicht, die in der Kohle enthaltene potentielle Energie dadurch direct, wenigstens zum Theil, in kinetische elektro-dynamische Energie umzuwandeln.

Schon Faraday schlug eine Combination Eisen, Bleioxyd, Kohle vor. Das Bleioxyd wird in einem Eisen-

¹⁾ Compt. rend. (1888) 106, 1597. — ²⁾ Cosmos 8, 253. — ³⁾ Lum. él. (1886) 20, 459. — ⁴⁾ A. P. 490953.

tiegel geschmolzen und dann die Kohle eingetaucht. Es bildet sich Kohlenoxyd, das durch das Bleioxyd gleich weiter zu Dioxyd oxydirt wird, und Blei scheidet sich an der Kohle ab. Dieses wird aber bei der Schmelztemperatur des Oxyds wieder in Oxyd verwandelt und kann dann von Neuem zur Oxydation der Kohle dienen. Sehr leicht geht diese Regenerirung von Statten,¹⁾ wenn man das Schmelzgefäss durch eine nicht ganz bis zum Boden reichende eiserne Zwischenwand in zwei ungleich grosse Zellen theilt und in die kleinere die von Bleioxyd umgebene und mit einem Ableitungsdrahte aus Eisen versehene Kohle bringt. Das abgeschiedene Blei sinkt dann zu Boden, fliesst in die grössere Zelle und wird hier durch eingeblasene Luft oxydirt. Die sich bildende Bleiglätte schwimmt oben und wird automatisch continuirlich in die kleinere Abtheilung zurückgeführt. Natürlich wird der grösste Theil der Kohle verbrannt, ist also für die Stromerzeugung nutzlos.

Nach Ostwald²⁾ ist es falsch, das Oxydationsmittel in den Raum zu bringen, der den zu oxydirenden Körper enthält. Deshalb dürfte folgende Combination vortheilhafter sein. Ein mit basischem Materiale ausgefüttertes Eisengefäss wird durch eine poröse Wand aus Magnesia in zwei Hälften getheilt. In der einen befindet sich die von geschmolzenem Bleioxyd umgebene Eisen-
elektrode, in der anderen die von einem geschmolzenen Gemische aus Kalium- und Natriumcarbonat umgebene Kohlenelektrode.

¹⁾ C.-Sch. 98. — ²⁾ Zeitschr. Elektroch. (1894) 1, 81, 122.

Neuerdings hat auch Langhans¹⁾ Bleioxyd oder Antimonoxyd, früher schon Crum statt dessen Eisenoxyd verwendet.

Der Elektrolyt kann bei diesen Elementen zurückgebildet werden. Unökonomischer sind die, bei denen dies nicht geschieht, so die Combination von A. C. Becquerel, der wohl zuerst Brennstoffelemente herstellte: Platin und Kohle in geschmolzenem Kaliumnitrat ($E = 0.5$ V.), von Jablochhoff: Eisen und Kohle in geschmolzenem Kalium- oder Natriumnitrat, und die ähnliche von Brard und von Bull²⁾.

Dagegen wollen Shrewsbury und Dobell³⁾ in ihrem Elemente, das Elektroden aus Kohle und aus Eisenrahmen mit Metallgewebe enthält, zwischen das ein Luftstrom zur Aufhebung der Polarisation getrieben wird, den aus geschmolzenem Natriumnitrat bestehenden Elektrolyten wieder durch einen Luftstrom regeneriren. Der Schmelze können auch⁴⁾ Chloride, Chlorate, Bromide, Jodide oder Carbonate der Metalle zugefügt werden. Bei einer neueren Construction wollen Shrewsbury, Marshall, Cooper und Dobell⁵⁾ durch einen Injector, der in einem quer von unten nach oben durch das Gefäß gehenden Circulationsrohre liegt, Salpetersäure zum Ersatze der verbrauchten Stickstoffoxyde einführen.

Jacques⁶⁾ verwendet Eisen und Kohle in geschmolzenem Natriumhydroxyd und bläst Luft ein.

Nach C. J. Reed⁷⁾ ist die in dieser Batterie erzeugte Elektrizität keine directe Umwandlung der

¹⁾ El. Anz. 1890, 634. — ²⁾ E. P. 11712/1891. — ³⁾ E. P. 14181/1892. —

⁴⁾ E. P. 9569/1892. — ⁵⁾ E. P. 12183/1894. — ⁶⁾ A. P. 555511/1896. — ⁷⁾ El. World (1896) 27, 98.

Kohlenenergie, sondern wird durch Temperaturunterschiede an den Elektroden erzeugt.

Nach Brooks¹⁾ ist die Verwendung von Kaliumnitrat auch deshalb unzweckmässig, weil durch die heftige Reaction eine Controle unmöglich wird und sich meist viel Salz unnöthig zersetzt. Metalle sollten als Elektroden nicht benützt werden. Verschiedene Versuche über das elektrochemische Verhalten der Kohle bei der Verbrennung wurden gemacht.

Dagegen zeigte Borchers²⁾, dass auch die Benutzung von Kohlen als solchen keine Aussicht auf Erfolg habe wegen der geringen Energieausbeute, der langsamen, vielleicht auch unvollständigen Lösung, und weil die Aschenbestandtheile der Kohle den Elektrolyten verunreinigen, ihn also schnell unbrauchbar machen.

So lange also kein geeigneter, gegen die mineralischen Beimengungen der Kohle indifferenten Elektrolyt gefunden ist, wird es sich mehr empfehlen, die Kohle erst in Kohlenoxyd überzuführen und dieses zu benutzen, wie es in den Gasbatterien von Mond und Langer und von Borchers (siehe später) geschieht.

Ein Element mit Kohle als Lösungselektrode gegenüber Bleisuperoxyd in heisser verdünnter Schwefelsäure gab A. Coehn³⁾ einen starken constanten Strom und zeigte, durch 100 O. geschlossen, eine Spannung von 1.03 V. Diese Beobachtung ist kaum neu.⁴⁾

¹⁾ El. Rev. 1894; Elektr. Zeitschr. (1894) 15, 550. — ²⁾ Ber. über die erste Jahresvers. d. deutsch. elektroch. Ges., Halle 1894. — ³⁾ Zeitschr. Elektroch. (1896) 2, 541. — ⁴⁾ Vgl. a. F. Vogel, Zeitschr. Elektroch. (1896) 2, 581.

C. Gasbatterien.

Die Gasbatterien sind theils Primär-, theils Secundär-Elemente. Bei einigen wird auch Elektricität direct aus Kohle erzeugt.

Gautherot scheint 1801 zuerst beobachtet zu haben, dass Silber- oder Platindrähte, die als Elektroden bei der Elektrolyse von Natriumchloridlösung gedient hatten, nach Entfernung der primären Stromquelle und Verbindung mit einander, einen kurz dauernden, dem primären entgegengesetzten Strom lieferten.

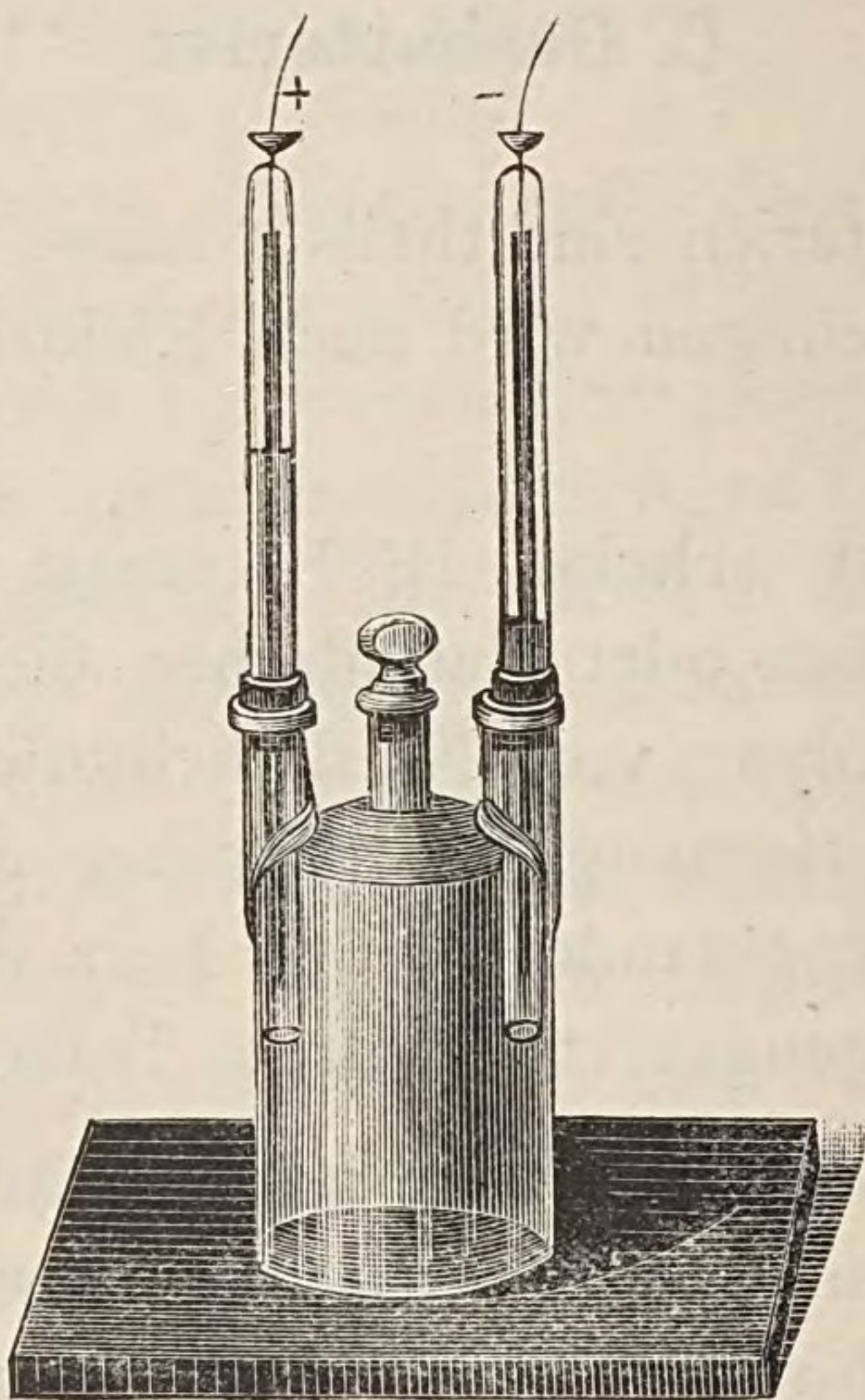
Ritter¹⁾ schickte durch seine »Ladungssäule«, die aus gleichartigen Metallplatten und dazwischen gelegten, mit Natriumchloridlösung durchtränkten Pappe- oder Tuchscheiben aufgebaut war, einen Strom und beobachtete, dass sich die Metallplatten polarisirten. Die stärksten Ströme lieferten Silber, Gold und Platin, schwächere Kupfer, Messing, Eisen und Wismuth.

Grove²⁾ setzt in die beiden seitlichen Hälse einer nicht zu breiten Wulff'schen Flasche (siehe Fig. 27)

¹⁾ Voigt's Magaz. f. d. neuest. Z. der Naturk. (1803) 6, 115. — ²⁾ Phil. Mag. (1839) [3] 14, 129; (1842) [3] 21, 417.

zwei Glasröhren ein, schmilzt in sie Platindrähte ein, die aussen Platinnäpfchen mit Quecksilber oder Klemmschrauben, innen elektrolytisch mit Platinschwarz überzogene Platinblechstreifen tragen, die fast bis zum unteren Ende der Röhren reichen. Flasche und Röhren werden

Fig. 27.



mit verdünnter Schwefelsäure vom spec. Gew. 1.200 gefüllt. Dann zersetzt man die Schwefelsäure in den Röhren elektrolytisch, oder leitet in die eine Röhre Sauerstoff, in die andere Wasserstoff. Verbindet man nun die Platindrähte mit einem Galvanometer, so erhält man einen dem Ladungsstrom entgegengesetzt gerichteten Strom positiver Elektricität, der von dem mit Sauerstoff

beladenen Platinblech durch das Galvanometer zu dem mit Wasserstoff beladenen Platinblech fliesst. In der Flasche wird die Schwefelsäure bei Stromschluss zerlegt; Sauerstoff scheidet sich in der Wasserstoffröhre, Wasserstoff in der Sauerstoffröhre ab. Es entsteht Wasser. Neue Gasmengen werden von den Blechen absorbiert und durch die im Element gebildeten Gase vernichtet u. s. f., so dass allmählich das Gasvolumen abnimmt.

Grove hat auch Gaselemente gebildet aus: Wasserstoff und Chlor oder Kohlenoxyd, Sauerstoff und Chlor, Kohlenoxyd und Sauerstoff, Aethylen und Sauerstoff, Phosphor und Sauerstoff, geschmolzenem Schwefel und Sauerstoff.

Eine praktische Abänderung der Grove'schen Kette gab Gülcher an. Smith sammelt die Gase unter 6 bis 7 Atmosphären Druck an. A. S. Herschel erhitzt die Platinplatten vor dem Gebrauche mehrere Tage in einem mit Kienruss gefüllten Tiegel. Lord Rayleigh verwendet statt der Bleche zwei 29 cm² grosse Platindrahtnetze, deren Oberflächen feucht gehalten werden, und von denen eins sich an der Luft, das andere sich in Wasserstoff befindet. Dahl¹⁾ erhält den Sauerstoff, mit dem er, ausser mit Wasserstoff, seine Batterie speist, durch Erhitzen von Natriummanganat. Der Rückstand wird durch Erhitzen im Luftstrom regeneriert. Gaugain giebt folgende Combinationen an: Sauerstoff oder Luft gegen Wasserstoff, Stickstoff, Kohlensäure, Wasser-, Alkohol- oder Aetherdampf, L. Maïche Sauerstoff oder

¹⁾ A. P. 411426/1889; Lum. él. (1890) 39, 387.

Luft und Leuchtgas. E. Becquerel lässt den einen Platindraht ganz in Goldchloridlösung, den anderen zum Theil in Goldchloridlösung, zum Theil in Wasserstoff tauchen. Zenger bildet eine Kette aus Kohle in Bromdampf und Wasserstoff. Kendall¹⁾ senkt bei seiner Heizbatterie zwei in einander stehende Platin- oder Eisencylinder in geschmolzene Salze, erhitzt und leitet dem inneren Cylinder Wasserstoff, dem äusseren Sauerstoff oder Luft zu. Die Gase diffundiren und erzeugen durch ihre Verbindung elektrische Energie.

Etwas mehr praktisches Interesse als die bisher erwähnten Gaselemente besitzen die folgenden:

Die »Lüftungszelle« von Alder Wright und C. Thompson²⁾ besteht aus einer porösen, mit verdünnter Schwefelsäure, Natronlauge oder anderen Flüssigkeiten getränkten Thonplatte, die auf beiden Seiten mit einer Schicht von Platinschwamm und darüber mit dünnen Platinblechen zur Stromleitung bedeckt ist. Die eine Seite umgiebt ein flacher Kasten aus dünnen Guttaperchaplatten, in den Wasserstoff oder andere Gase geleitet werden. Der zur Stromerzeugung nöthige Sauerstoff wird an der anderen Seite der überzogenen Thonplatte aus der Luft entnommen oder dort in einen entsprechenden Kasten geleitet. Mit Wasserstoff liefert eine Zelle eine EMK von höchstens 0·7 V., dagegen werden bis 1·5 V. erhalten, wenn in der Natronlauge Kaliumpermanganat gelöst ist.

¹⁾ Chem. N. (1883) 49, 49; E. P. 10536/1886. — ²⁾ Proc. Roy. Soc. London (1889) 46, 372.

Eine längere Lebensdauer als das vorige besitzt das Gaselement von Mond und Langer¹⁾. Zu beiden Seiten einer Thonplatte befinden sich Gitter aus Hartblei, in die ganz dünne, durchlöchernte, mit Platinschwarz überzogene Platinblechfolie eingelegt ist. Diese ist von Kammern umgeben; in die eine wird Wasserstoff,²⁾ in die andere Sauerstoff geleitet. Durch dieses Element soll man 50% der Arbeitsenergie des Wasserstoffes gewinnen können. Eine Batterie aus sieben hinter einander geschalteten Zellen, zu deren Herstellung 2·5 g Platinfolie und 7 g Platinmohr verwandt worden waren, und in der die wirksame Oberfläche des Platinblechs 5 m² betrug, lieferte einen Strom von 2 A. bei einer Spannung von 5 V., also 10 Watt in der Secunde. Wochen hindurch konnten Ströme erhalten werden, die pro Zelle 0·7—0·97 V. Spannung zeigten. Wenn der Platinschwamm etwas feucht wird, verringert sich die Wirksamkeit des Elementes sehr. Deshalb muss das Wasser, das sich durch die Wirkung des Stromes bildet, sofort entfernt werden. Ab und zu muss der Wasserstoff in die bisherige Sauerstoffkammer und umgekehrt der Sauerstoff in die bisherige Wasserstoffkammer geleitet werden, da die Schwefelsäure sonst ganz nach der einen Seite der Thonplatte gedrängt wird.

Treeby²⁾ will eine im Principe ganz ähnliche Batterie schon früher construiert haben.

¹⁾ E. P. 2411/1888; D. P. 53863. — ²⁾ Gase mit 36—40% Wasserstoff, die zur Verwendung geeignet sind, werden durch Ueberleiten von Generatorgasen über fein vertheiltes Nickel oder Cobalt, die auf 350—400 Grad erhitzt sind, gewonnen. Dadurch werden das schädliche Kohlenoxyd und die schädlichen Kohlenwasserstoffe entfernt. Ersteres zerfällt in Kohlenstoff und Kohlensäure, die durch Kalkmilch absorbirt wird, letztere in Kohlenstoff und Wasserstoff. — ²⁾ Electrician, London (1889) 23, 206.

Um eine grössere Capacität zu erzielen, sättigen C. R. Cailletet und Collardeau¹⁾ Platinmohr bei 580 Atmosphären Druck mit Wasserstoff und Sauerstoff. Das Platinmohr nimmt dann so viel Gase auf, dass 1 kg 56 A.-St. liefert. Die anfängliche elektromotorische Kraft des untersuchten Elementes beträgt 1.80 V. Sie sinkt, bei einem Gesamtwiderstande des Stromkreises von 2 O., sehr schnell auf etwa 1 V. und bleibt dann ziemlich constant. Das Güteverhältniss beträgt 95—98⁰/₀. Noch günstiger wirkt Palladiummohr, das bei 600 Atmosphären Druck die Gase absorbirt hat. 1 kg vermag 176 A.-St. zu geben. Aehnlich verhält sich Goldschwamm, während die Capacität von Anoden aus Silber-, Zinn-, Nickel- und Kobaltsuperoxyd durch Druck nicht beeinflusst wird.

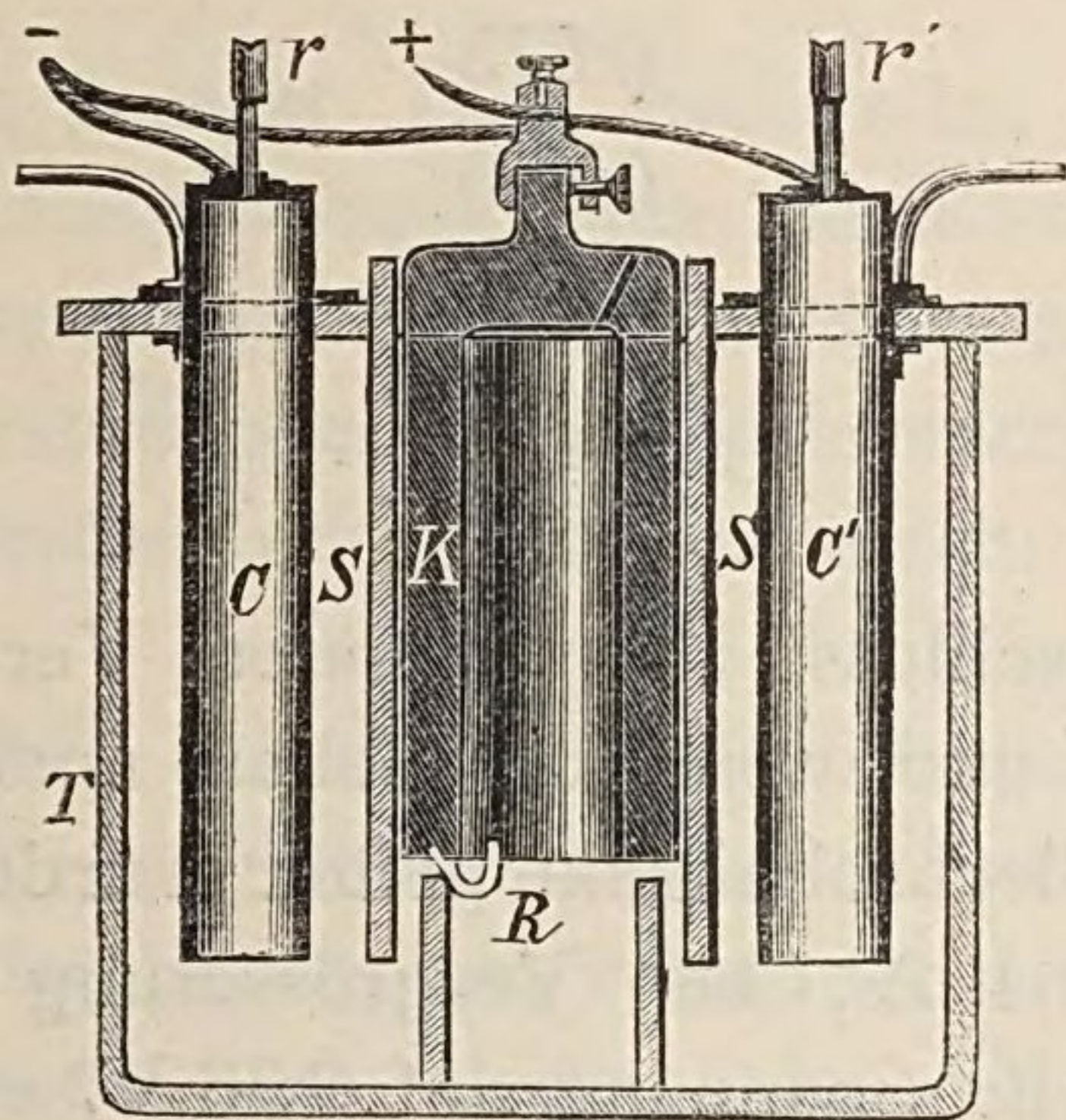
Borchers²⁾ gibt eine Gaskette aus Sauerstoff und Kohlenoxyd mit einer Lösung von Kupferchlorür in Salzsäure als Elektrolyten an. In der Kupferchlorürlösung löst sich Kohlenoxyd auf und wird durch den Sauerstoff der Luft zu Kohlensäure verbrannt; diese Energie soll in elektrische übergeführt werden. Das Kupferchlorür geht durch den Luft-Sauerstoff allmählich in Chlorid über, wird aber bei Stromschluss in Chlorür zurückverwandelt. Das Kohlenoxyd kann in kupfernen Gefässen aufgefangen werden, da sich aus seiner Lösung in Kupferchlorür allmählich auch Kupfer abscheidet. Dagegen darf Sauerstoff bei Gegenwart von Kupferchlorür nicht mit Kupfer zusammengebracht werden, da das

¹⁾ Compt. rend. 1894, Nr. 20. — ²⁾ Zeitschr. ang. Ch. 1895, 26; vgl. a. Elect. 1894 und Chem. Ind. 1894, 502.

durch Oxydation gebildete Chlorid bei seiner Reduction zu Chlorür Kupfer verbrauchen würde. Das Kohlenoxyd wird man in der Technik immer durch Leuchtgas oder Generatorgas ersetzen.

Das Element besteht aus einem viereckigen Trog *T* (siehe Fig. 28), der durch zwei Scheidewände *S* und *S'*

Fig. 28.



aus Glas, oder besser zur Verringerung des inneren Widerstandes aus Pergamentpapier in drei unter einander in Verbindung stehende Zellen getheilt ist. In der mittleren hängt eine Glocke aus Kohle *K*, unter die durch Rohr *R* Luft geleitet werden kann. In den beiden äusseren Abtheilungen befinden sich zwei Röhren aus porösem Kupfer *C* und *C'* mit zwei Zuleitungsröhren *r* und *r'* für Kohlenoxyd oder dieses enthaltende Gasgemische. Bei Schliessung fliesst positive Elektrizität im

äusseren Stromkreise von der Kohlenglocke zu den Kupfercylindern.

Bei Anwendung von Kohlenoxyd, das stark mit Dioxyd verunreinigt war, zeigte das Element

geschlossen durch

Wa in O.

Spannung in V.

Stromstärke in A.

0.1	0.05	0.5
1	0.20	0.20
5	0.275	0.060
10	0.300	0.040
20	0.400	0.020
50	0.400	0.008

Bei Kurzschluss konnte unter Verwendung von Generatorgas, und wenn die Zellen noch mit Kupfer-spänen und -Blechschnitzeln gefüllt wurden, die Stromstärke auf 0.64 A., bei Vergrösserung des äusseren Widerstandes die Spannung auf 0.56 V. erhöht werden. Da die Wärmeentwicklung bei der Oxydation des Kohlenoxyds zu Dioxyd 68.000 g Cal. beträgt, so müsste nach der Thompson'schen Formel die Spannung

$$E = \frac{68\,000}{2 \times 23067} = 1.47 \text{ sein.}$$

Es werden also von der vorhandenen Energie 27% in elektrische übergeführt, d. i. viel mehr, als durch die Dampfmaschine oder die Dynamomaschine aus Kohle erhalten werden. Quincke macht aber darauf aufmerksam, dass die Generatorgase nur 50% der ursprünglich vorhandenen Kohle enthalten, so dass der Nutzeffect statt 27% nur 13% betrüge.

Dieses Resultat ist ungünstiger als bei der Gaskette von Mond und Langer, die allerdings weniger widerstandsfähig ist.

Statt Lösungen von Kupferchlorür können auch solche von Eisen-, Mangan-, Kobalt- und anderen Salzen verwendet werden. Auch feste Körper, z. B. Kupferoxyd, wären als Sauerstoffüberträger zu benutzen. Man kann auch die Lösungen ausserhalb des Elementes mit Sauerstoff und Kohlenoxyd sättigen und dann den Elektroden zuführen.

Rodgers¹⁾ lässt zwei Elektroden aus gleichem Metalle in den aus geschmolzenem Metalloxyd bestehenden Elektrolyten tauchen und leitet an der einen Berührungsfläche Wasserstoff oder Kohlenwasserstoff etc., an der anderen Sauerstoff oder atmosphärische Luft etc. hindurch.

Legt man²⁾ auf die Oberfläche einer Lösung von Kupferoxydul in Ammoniak ein mit Platinschwarz überzogenes Platinblech und verbindet dieses durch einen Draht mit einem am Boden des Glases liegenden Kupferblech, so geht ein Strom durch den Draht und die Flüssigkeit. Der am Platin absorbierte Sauerstoff geht zum Kupfer und oxydirt es. Das Kupferoxydul löst sich in Ammoniak. Die EMK beträgt 0·5—0·6 V.; sie wird grösser, unter gleichzeitiger Verminderung des inneren Widerstandes, wenn der Ammoniaklösung etwas Natrium- oder Ammoniumchlorid zugefügt wird, und steigt auf 0·8 V. bei Verwendung von comprimiertem Platinmohr. Beträgt die Stromdichte auf das Quadrat-

¹⁾ A. P. 487644. — ²⁾ C.-Sch. 109.

centimeter mehr als ein Mikro-A., so nimmt die Stromstärke eines solchen Elementes sehr schnell ab.

Füllt man ¹⁾ ein Gefäß mit Ferrosulfatlösung oder verdünnter schwefliger Säure und führt von ihm einen Heber oder einen Docht in ein zweites, das verdünnte Schwefelsäure enthält, verbindet man dann durch einen Metalldraht ein im ersten Gefäß befindliches Platinblech mit einem auf der Oberfläche der Schwefelsäure schwimmenden, so geht Sauerstoff von dem letzteren Platinblech zur Ferrosulfat- oder Schwefligsäurelösung und oxydirt sie. Gleichzeitig erhält man einen Strom.

Da für die Gaselemente mit Platinschwarz überzogenes Platinblech eine Rolle spielt, sei hier eine Vorschrift von Carhart ²⁾ gegeben, nach der das Schwarz als nicht leicht abzureibende Oberflächenumformung des Bleches erhalten wird. Man elektrolysiert eine Zinksulfatlösung zwischen Platinelektroden bei $D_{qm} = 100$ A. und lässt die mit Zink bedeckte Kathode 24 Stunden in der Lösung stehen.

Ein technisch nur einigermaßen brauchbares Gaselement giebt es noch nicht, ebensowenig wie eines, das zur directen Elektricitätserzeugung aus Kohle dienen kann. Deshalb sei hier nur noch verwiesen auf die Arbeiten von Reed ³⁾, R. Mond ⁴⁾, Haeussermann ⁵⁾, Bucherer ⁶⁾, Borchers ⁷⁾, Tatlow ⁸⁾ Hering und

¹⁾ Proc. Roy. Soc. 44, 182. — ²⁾ El. World (1895) 26, 551. — ³⁾ Electrician (1895) 25, 419, 482. — ⁴⁾ Electrician (1895) 25, Nr. 869. — ⁵⁾ Zeitschr. ang. Chem. 1895, 99. — ⁶⁾ Elektroch. Zeitschr. (1895) 2, 28. — ⁷⁾ Zeitschr. ang. Chem. 1895, 26; Zeitschr. Elektroch. (1895) 1, 484; vgl. a. pag. 505. — ⁸⁾ Electrician (1895) 25, Nr. 3.

v. Dobrowolsky¹⁾, Korda²⁾, Powell³⁾, Schmitz⁴⁾, Th. Zettel⁵⁾, F. Vogel⁶⁾ und die von uns an anderer Stelle angeführten Versuche von Case⁷⁾ und Skinner⁸⁾.

¹⁾ Electrician (1895) 34, 597. — ²⁾ Compt. rend. (1895) 120, 615. — ³⁾ El. Rev. 7. December 1894. — ⁴⁾ Elektr. Zeitschr. (1895) 16, 145. — ⁵⁾ Zeitschr. Elektroch. (1896) 2, 543; Zeitschr. ang. Chem. 1895, 26. — ⁶⁾ Elektrot. Zeitschr. (1895) 16, 556. — ⁷⁾ Proc. Roy. Soc. London (1886) 40, 345. — ⁸⁾ Proc. Phys. Soc. London (1895) 13, 477.

D. Thermosäulen.

Trotz älterer Wahrnehmungen Ritter's (1801) und Schweigger's (1810) über Ströme, die durch Temperaturdifferenzen entstehen, gebührt Seebeck (Ende Juli 1821¹⁾) das Verdienst der ersten wissenschaftlichen Beobachtungen und Forschungen über die thermoelektrischen oder Thermoströme. Zwei Jahre später veröffentlichten Jelin und van Beck ähnliche Untersuchungen. Dass die Legierungen sich noch besser als die Metalle allein für Thermoelemente eignen, zeigte schon Seebeck²⁾. Später beschäftigte sich besonders eingehend Rollmann³⁾ mit ihnen. Auf das stark negative Verhalten der Sulfide wies zuerst Cumming⁴⁾ hin. E. Becquerel⁵⁾, Hankel⁶⁾ und Bunsen⁷⁾ befassten sich weiter damit. Letzterer zeigte auch, dass Pyrolusit sich ähnlich verhält.

Schon Seebeck hatte mehrere Thermoelemente hinter einander zu einer Säule geschaltet. Einigermassen brauchbare Batterien gaben aber zuerst Oersted und Fourier⁸⁾, sowie de la Borne⁹⁾ an. Die Legierungen

¹⁾ Abh. Akad. Wiss. Berl. 1822/23, 265. — ²⁾ Pogg. Ann. (1826) 6, 148. — ³⁾ Pogg. Ann. (1851) 83, 77; 84, 275; (1853) 89, 90. — ⁴⁾ Ann. of Phil. 1823, 177; Schweigg. J. 40, 317. — ⁵⁾ Ann. Chim. Phys. (1827) [2] 34, 157; (1866) [4] 8, 419. — ⁶⁾ Pogg. Ann. (1844) 62, 197. — ⁷⁾ Pogg. Ann. (1864) 123, 505. — ⁸⁾ Ann. Chim. Phys. (1823) 22, 375. — ⁹⁾ Ann. Chim. Phys. (1823) 22, 432.

wurden zuerst von Rollmann¹⁾ zum Aufbau von Säulen benutzt.

An eine gute Thermosäule müssen folgende Anforderungen gestellt werden: Die zur Construction der Elemente gebrauchten beiden Substanzen müssen in der thermoelektrischen Spannungsreihe möglichst weit von einander entfernt stehen, damit die ohnedem geringe EMK nicht zu unbedeutend wird. Ihr Schmelzpunkt muss ein möglichst hoher sein, weil man sonst ohne Eiskühlung keine genügend grossen Temperaturdifferenzen erzielen kann. Die Materialien müssen billig und gut zu verarbeiten sein, dürfen auch durch die Hitze nur unwesentlich verändert werden. Der isolirende Zwischenkörper muss genügend fest und elastisch sein und einer hohen Temperatur widerstehen können.

Trotzdem die Thermosäulen im Betriebe viel reiner sind als die galvanischen Elemente und kaum einer Wartung bedürfen, sind sie doch wegen ihrer verhältnissmässig geringen EMK nur für ganz bestimmte Zwecke verwendbar. Neuerdings hat man sie vielfach zum Laden von Akkumulatoren empfohlen. Auch in der besten Thermosäule wird nicht mehr als 1% der zugeführten Wärme in elektrische Energie verwandelt.²⁾ Dass diese Batterien vorläufig noch sehr unökonomisch sind, erhellt auch daraus, dass sie dreissigmal so viel Gas gebrauchen, als ein Gasmotor zur Erzeugung derselben elektrischen Arbeit in einer Dynamomaschine nöthig hat.³⁾

¹⁾ Dingl. (1856) 139, 422. — ²⁾ Elektr. Zeitschr. (1891) 12, 186. — ³⁾ Eletticità 1890, 583.

Man kann die Thermosäulen eintheilen in solche, bei denen

1. beide Elektroden aus einfachen Metallen bestehen;

2. die eine Elektrode ein Metall, die andere eine Legirung ist;

3. die eine Elektrode aus einem Metalle, die andere aus einem Oxyde, Sulfide oder einer ähnlichen Verbindung besteht;

4. beide Elektroden Legirungen sind.

Die Thermoströme zwischen Metallen und Elektrolyten hat man bisher kaum (in den thermo-elektro-chemischen Elementen), die zwischen zwei Elektrolyten noch gar nicht in gebrauchsfähigen Batterien zu erzeugen gesucht.

1. Thermosäulen aus zwei einfachen Metallen.

Eine Reihe von Wismuth- und Antimonstäbchen löthen Nobili und Melloni¹⁾ zickzackförmig so zusammen, dass die Löthstellen abwechselnd auf der einen und der anderen Seite liegen, füllen die Räume zwischen den parallelen Stäben mit isolirender Substanz aus und umgeben die würfelförmige Säule mit einer Messingfassung. Das Antimon ersetzt Gaugain durch Kupfer.

Nickel- und Eisendrähte verwendet Noack²⁾. Die Löthstellen werden durch die Wände der Säule hindurch in zwei Reihen Röhren geführt. Durch die eine Reihe strömt Wasserdampf, durch die andere Kühlwasser. Zu Temperaturmessungen schlagen Chassagny und Abraham³⁾ ein Thermoelement aus Kupfer- und Eisendrähten vor.

Eine Batterie von Clamond und Sundré⁴⁾ aus 3000 Zink- und Antimonwürfeln, die durch biegsame Zinnplatten verbunden sind, zeigt $E = 218$ V., $W_i = 31$ O. Rust⁵⁾ stellt die Verbindung in einer ähnlichen Säule durch Eisendrähte her. Zink und Eisen verwenden Clamond und Carpentier⁶⁾.

¹⁾ Pogg. Ann. (1830) 36, 526. — ²⁾ Zeitschr. phys. chem. Unterr. (1893) 6, 63. — ³⁾ Compt. rend. (1890) 111, 477. — ⁴⁾ Nature (1879) 20, 301. — ⁵⁾ E. P. 5092/1886. — ⁶⁾ Compt. rend. (1885) 100, 985.

2. Thermosäulen aus einem Metalle und einer Legirung.

Die Combination einer Legirung aus 1 Theil Wismuth und 1 Theil Antimon mit Kupfer gab E. Becquerel¹⁾ eine drei- bis zehnmal grössere EMK als Wismuth-Kupfer; die einer Legirung aus 10 Theilen Wismuth und 1 Theil Antimon mit Kupfer gab $E = 0.0062$ D. bei 100 Grad Temperaturdifferenz. Clamond²⁾ baut aus Prismen von Wismuth- und von Antimonlegirung, die durch Streifen aus Eisenblech verbunden sind, eine Säule in der Form der Noë'schen (siehe später) auf. Morren hatte 1855 Wismuth und verzinnertes Eisenblech vorgeschlagen.

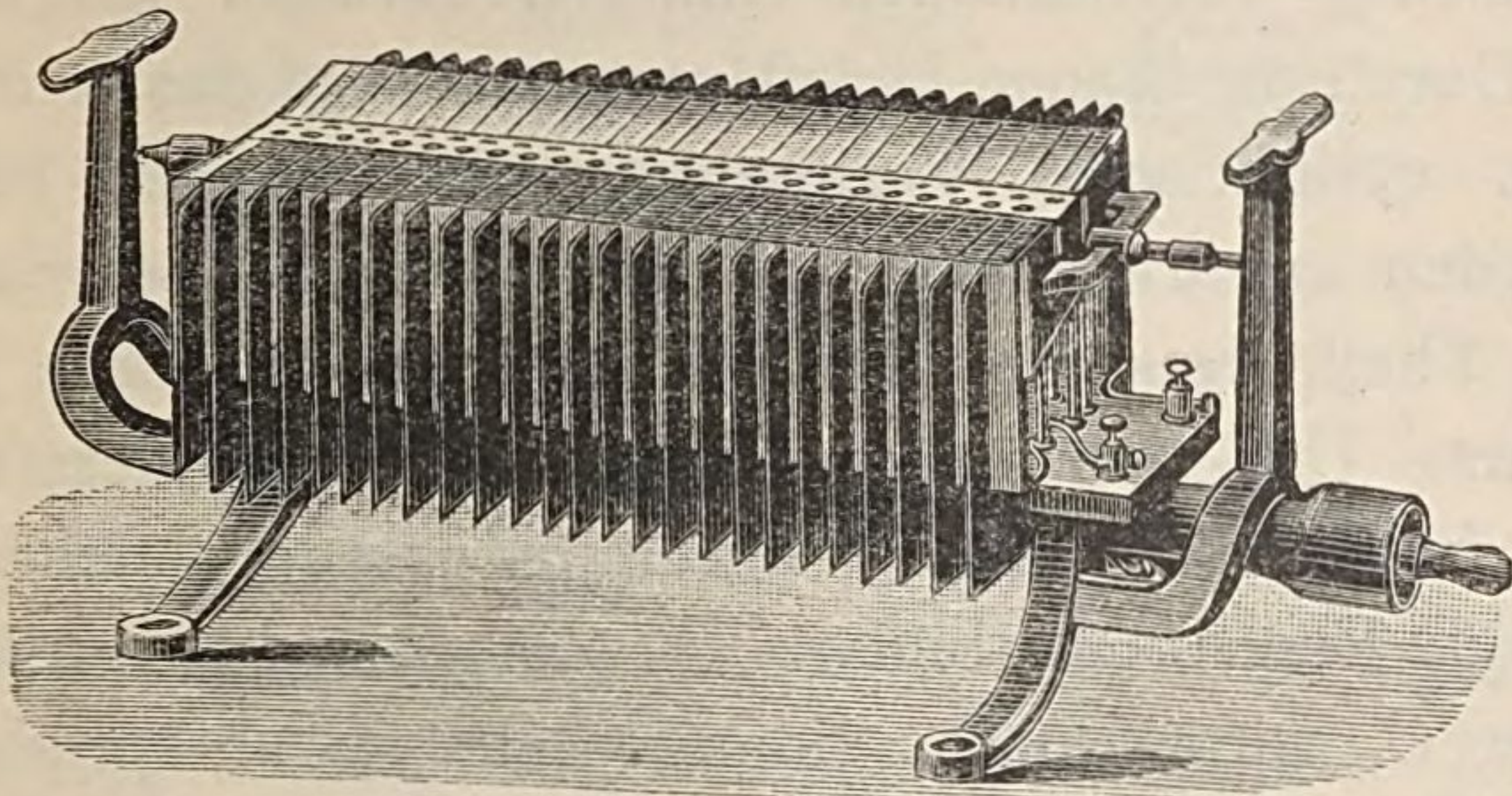
Aus chemisch reinem Nickel und einer Antimonlegirung bestehen die Elemente der Gülcher'schen³⁾ Säule (siehe Fig. 29), die sich in den letzten Jahren wegen ihres verhältnissmässig grossen Nutzeffectes, ihrer Haltbarkeit, des billigen Betriebes und der bequemen Handhabung vielfach Eingang in die Laboratorien verschafft hat und auch zum Laden von Akkumulatoren besonders empfohlen wird.⁴⁾

¹⁾ Ann. Chim. Phys. (1866) [4] 8, 408. — ²⁾ Mondes (1880) 51, 351. —

³⁾ D. P. 44146, 59676, 59693. — ⁴⁾ Vgl. Elbs, Chem.-Ztg. (1893) 17, 66, 97.

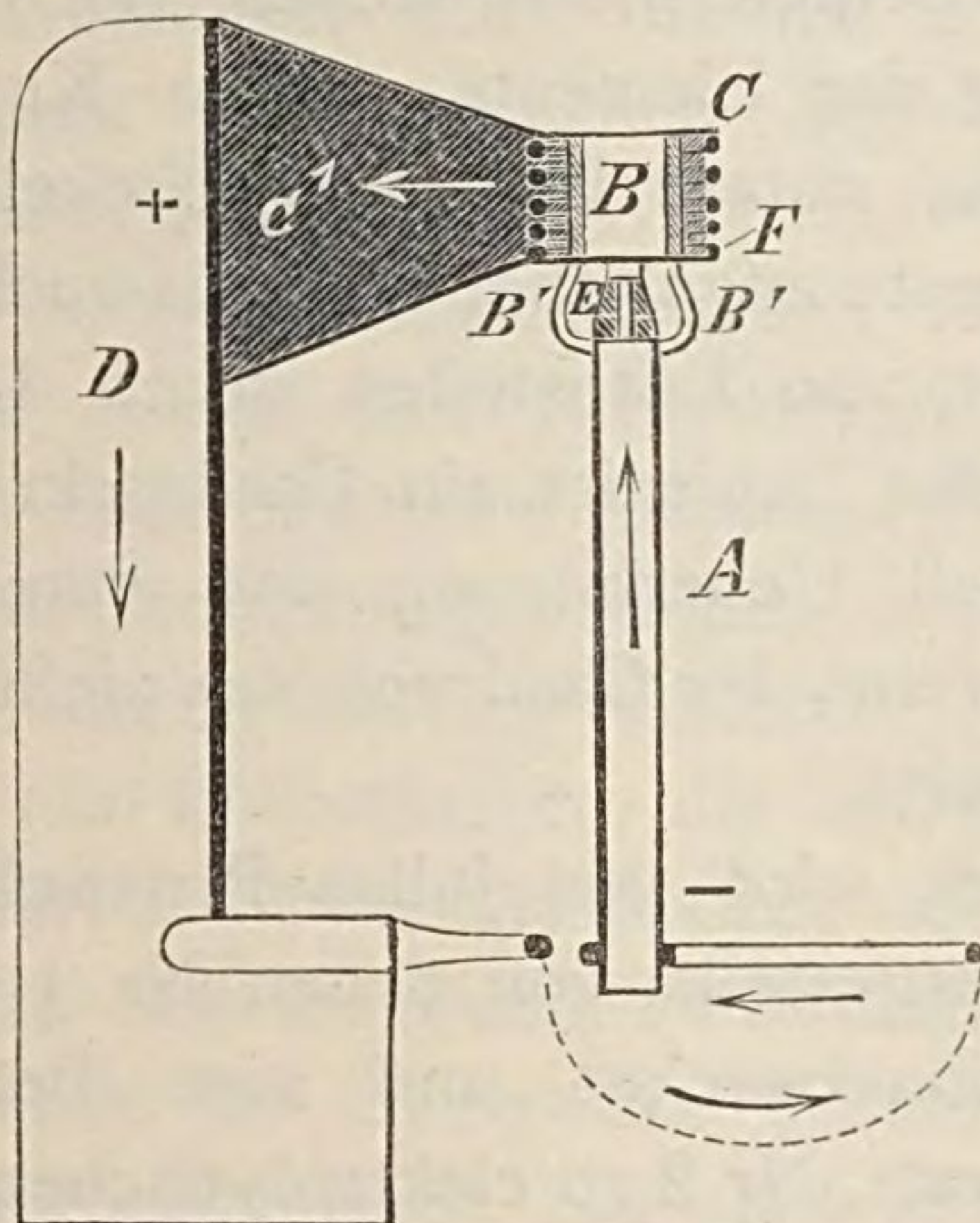
Die Elemente sind, in zwei parallelen Reihen hinter einander geschaltet, auf einer Schieferplatte befestigt.

Fig. 29.



Diese bildet die Decke eines Canales, in den das in der

Fig. 30.



angesetzten Schlauchtülle mit Luft gemengte Gas einströmt. Aus dem Canale tritt das Gas in Röhrchen *A*

(siehe Fig. 30) aus reinem dünnen Nickelblech, die zugleich die positiven Elektroden bilden, und dann in Specksteinbrenner *E*, auf die Schornsteine aus Porzellan mit einseitig vorstehenden Glimmerröhrchen aufgesetzt sind. Durch die blauen Heizflämmchen wird das schmiedeeiserne, cylindrische Verbindungsstück *B* der beiden Elektroden erwärmt. Der aus vier Klauen *B'* bestehende untere Theil desselben ist mit den Nickelröhren hart verlöthet. Um den oberen Theil ist eine widerstandsfähige Antimonlegirung *C* herumgegossen, welche die negativen Elektroden bildet. Ein Zerspringen der Hohlcylinder *C* wird durch eingegossene Drahtspiralen *F* vermieden. An dreieckigen Verlängerungen *C'* der negativen Elektroden *C* sind nach unten umgebogene Kupferblechstreifen *D* angelöthet, die in Einschnitten am Rande der Schieferplatte stehen. Sie dienen sowohl zur Verbindung der Elemente, indem Kupferdrähte an sie und an das untere Ende des Nickelröhrchens im folgenden Elemente angelöthet sind, als auch zur Kühlung der einen Reihe von Löthstellen durch Luftcirculation. Zum Betriebe der Säule ist ein Gasdruckregulator nicht nothwendig, weil Ueberhitzung und damit Zerstörung nicht eintritt, wenn der Gasdruck nur nicht über 50 mm Wassersäule steigt.

Die Batterie wird von Julius Pintsch in Berlin in drei Grössen hergestellt, von denen Nr. 1 hauptsächlich zu Demonstrationszwecken und zum Betriebe kleiner Inductionsapparate, Nr. 2 zu elektrolytischen und galvanoplastischen Arbeiten und Nr. 3 zum Laden von Akkumulatoren dient. Bei einem normalen Gasdrucke von etwa 30 mm Wassersäule unmittelbar vor der Einströ-

mungsdüse und 8—10 Minuten nach dem Anzünden zeigt: ¹⁾

Säule Nr.	Anzahl der Elemente	Gasverbrauch Liter pro Stunde	E M K V.	Nutzbare Klemmen- spannung V.	Wi in O.
1	26	70	1·5	0·75	0·25
2	50	130	3·0	1·50	0·50
3	66	170	4·0	2·00	0·65

Die Betriebskosten betragen also 1, 2, beziehungsweise $2\frac{1}{2}$ Pfennig für die Säule und Stunde. Jede der drei Grössen liefert unter obigen Verhältnissen etwa 3 A. Die totale elektrische Energie beträgt demnach etwa 70 V.-A. auf 1 cm³ Gasverbrauch in der Stunde, so dass der Nutzeffect etwa dreimal so gross ist als bei den anderen gebräuchlichen Säulen (z. B. Noë, Clamond). Den maximalen Wirkungswerth berechnet Kollert²⁾ zu 16⁰/₀; gemessen wurden nur 0·66⁰/₀.

Auch aus Nickel und Antimonzinklegirung setzen Lebiez und Verchere³⁾ die Elemente zusammen. Statt Zink kann auch Cadmium genommen werden. Die Löthstellen werden durch Leitung erhitzt.

Messing- und Zinkscheiben, die auf einander liegen, trennt Buff durch dünne Glasplatten und verbindet die erste und letzte Scheibe durch Platindraht. Erhitzt wird mit heisser Luft. E. Becquerel⁴⁾ stellte Neusilber-Tellur-Elemente zusammen. Sie sind nicht haltbar und

¹⁾ Vgl. dazu Uppenborn's Messungen an einer älteren Säule, Elektr. Zeitschr. (1890) 11, 434. — ²⁾ Wied. Beibl. 1893, 222; vgl. a. Elektr. Zeitschr. 1890, 333. — ³⁾ E. P. 18030/1887. — ⁴⁾ Compt. rend. (1866) 61, 146.

zu theuer. Eine Säule, die bei 1 m³ Gasverbrauch 80 V.-A. liefern soll, hat Raub¹⁾ aus ringförmigen Neusilber-Antimon-Elementen zusammengestellt. Die elektropositive Legirung wird zwischen zwei Kupferringe eingegossen.²⁾ An den inneren, den Heizring, ist das elektronegative Metall in dünnen Blechstreifen angelöthet, an den äusseren strahlenförmige Kühllappen. Die zwischen zwei Gussplatten verschraubten Elemente umgibt ein Blechmantel. Schon zwei Jahre früher (1885) will Jehl³⁾ eine ähnliche Säule construirt haben. Neusilber und Eisen verbindet Jobert zu Thermoelementen.

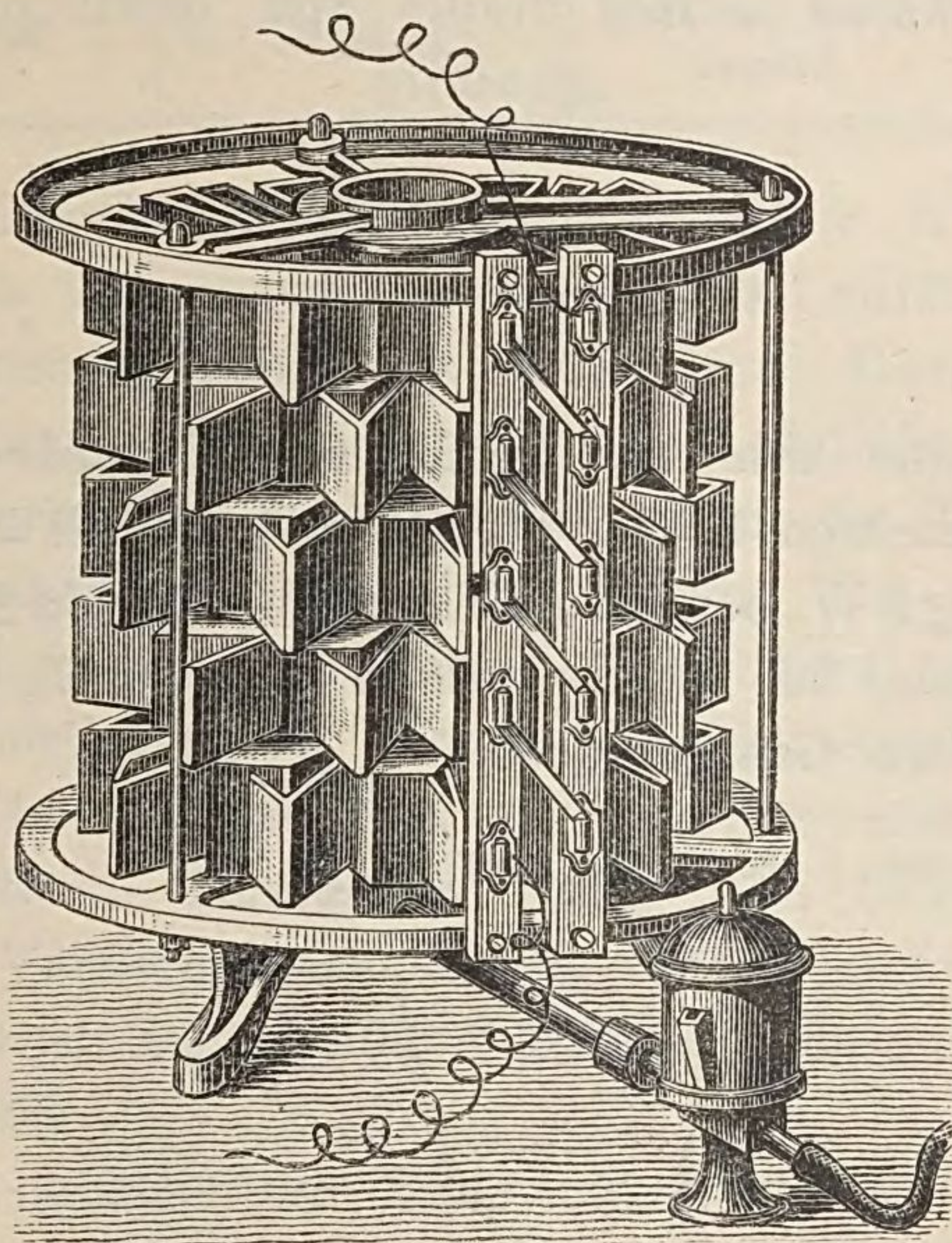
In der von Thenard angegebenen Combination Bronze: Gusseisen geht der Strom von der warmen zu der kalten Löthstelle. Umgekehrt bei Bronze: Eisen und Gusseisen: Eisen. Barus⁴⁾ stellt ein Element Platin: Platin-Iridium, Bruchietti⁵⁾ ein Palladium: Palladium-Wasserstoff zusammen.

In Eisenblechkästen giesst Iden⁶⁾ eine Zink-Antimon-Legirung, in der Polstücke aus einem anderen Metalle stehen. Aus Elementen ähnlicher Zusammensetzung, in denen das Eisen auch durch Nickel ersetzt sein kann, bauen Clamond und Carpentier⁷⁾ eine Säule (siehe Fig. 31) auf, die gewöhnlich nur den Namen des ersten Erfinders trägt. Auf Stäben aus einer Legirung von Antimon und Zink liegen als andere Elektroden verzinnte Eisenblechstreifen, die auch gleichzeitig zur Verbindung der einzelnen Elemente dienen. Diese und

¹⁾ D. P. 42353. — ²⁾ Darauf hat Hauck schon 1880 ein Patent erhalten Hck. 308. — ³⁾ Electrician (1888) 21, 62. — ⁴⁾ Phil. Mag. (1893) [5] 35, 173, 296. — ⁵⁾ Electrician (1893) 32, 91. — ⁶⁾ A. P. 479596. — ⁷⁾ Compt. rend. (1885) 100, 985.

die aus je zehn von ihnen zusammengesetzten übereinander liegenden Kränze werden durch Asbest isolirt. In der Mitte der Säule ist durch eine Mischung von Kaliwasserglas mit Asbestpulver ein verticaler Röhrenbrenner eingekittet, der aus einem durchlöcherten Thon-

Fig. 31.



oder Porzellancyylinder besteht. Um sein Zerspringen durch zu schnelle Abkühlung zu verhüten, muss man nach dem Gebrauche der Batterie ihn mit einem Eisen- deckel schliessen und dann erst das Gas abstellen. Ueberhitzung wird dadurch vermieden, dass man die Zuströmung des Gases durch einen kleinen Wasser- regulator constant macht. Ein Ventil schliesst bei

steigendem Gasdrucke die Eintrittsöffnung theilweise und giebt sie bei niedriger werdendem Drucke mehr frei. Nach einstündigem Heizen erhält man bei 180 Liter Gasverbrauch in der Stunde etwa $\frac{3}{4}$ A. In den Handel kamen zwei Modelle:

Modell Nr.	Anzahl der Heizkränze	E in V.	Wi in O.
1	12	8·0	3·20
2	6	3·6	0·65

Die ganz ähnlichen Säulen von Chaudron geben bei 50 Elementen $E = 29$ V., $J = 4$ A., $Wi = 0·38$ O., Nutzleistung 5 W., bei einem Gasverbrauche von 200 Litern in der Stunde; bei 100 Elementen $E = 5·5$ V., $J = 6$ A. bei 300 Litern Gasverbrauch.¹⁾

¹⁾ Vgl. Telegr. J. and El. Rev. (1887) 20, 122.

3. Thermosäulen aus einem Metall und einer Verbindung.

Aus Kupfer und Kupfersulfür stellte Ruhmkorff Säulen her, die wegen der schlechten Leitfähigkeit des Schwefelmetalls kaum brauchbar sind. Bunsen¹⁾ hat Stäbchen aus Kupferkies mit je zwei platinirten Kupferdrähten verbunden und den einen über die Temperatur des schmelzenden Zinns hinaus erhitzt, den anderen in Wasser abgekühlt. $E = 0.1 D.$, W_i 18mal grösser als beim Daniell-Element. Die Kupferkiesplatten sind schwierig herzustellen und nur unvollkommen mit dem platin-plattirten Kupfer in Contact zu halten. Auch Stefan's Versuche, aus Kupfer- und Eisenkies brauchbare Batterien zu erhalten, führten zu keiner praktischen Construction.

Eine dauerhaftere Säule bauten Mure und Clamond²⁾ aus Bleiglanz und Eisen auf. Je 12 Elemente aus 4 mm langen, 8 mm breiten Streifen Bleiglanz und aus 55 mm langen und 8 mm breiten Streifen Eisenblech bilden Ringe, die horizontal so über einander gelegt werden, dass innen ein Heizcanal entsteht. Bei

¹⁾ Pogg. Ann. (1864) 123, 505. — ²⁾ Compt. rend. (1869) 68, 1255; vgl. E. Becquerel, ebenda, 1256.

allmählichem Erhitzen zeigte eine Batterie aus 120 Elementen nach Beetz¹⁾ $E = 0-2.96$ D.; $W_i = 2.06-2.932$ Q.-E. Eine von Koch in Eisleben hergestellte hatte nach H. Kayser²⁾ $E = 0.5-6.1$ V., $W_i = 2.95-4.07$ O. bei einem Gasverbrauche von 100 bis 350 Litern in der Stunde.

¹⁾ Wied. Ann. (1878) 3, 4; vgl. a. Rolland, Compt. rend. (1877) 84, 1026.
— ²⁾ Wied. Ann. (1885) 26, 9.

4. Thermosäulen aus zwei Legierungen.

Legierungen aus 10 Theilen Wismuth, 1 Theil Antimon und aus 806 Theilen Antimon, 696 Theilen Cadmium, 150 Theilen Wismuth verwendet E. Becquerel¹⁾ für Thermoelemente, deren EMK 6—8mal grösser als die der Wismuth-Antimon-Elemente ist, und fügt sie zu Säulen zusammen.

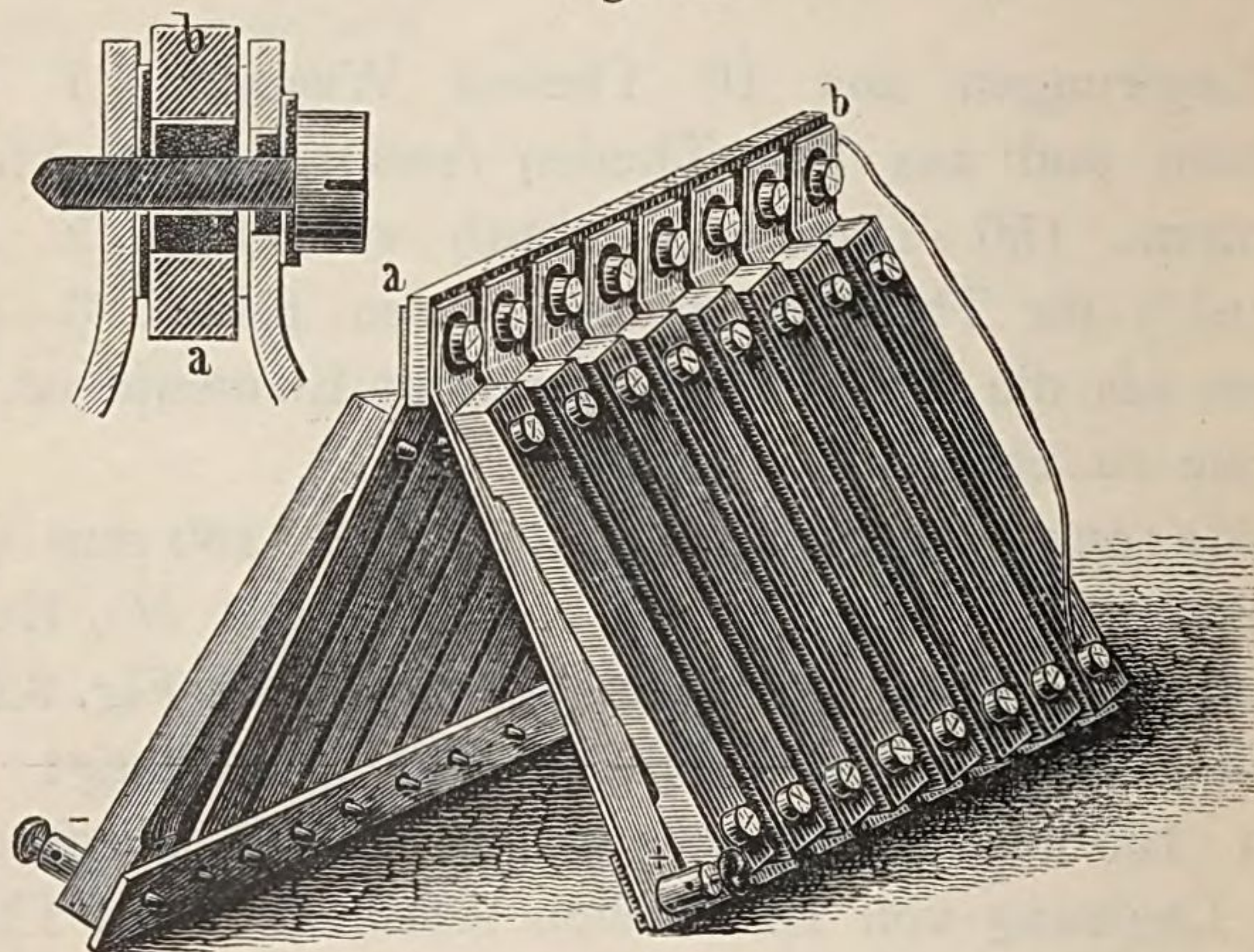
Marcus²⁾ verbindet 18 mm breite, 180 mm lange und 2 mm dicke Streifen aus Neusilber mit 5% Kobalt, die an einem flachen Eisenstabe *ab* (siehe Fig. 32) an beiden Seiten durch Schrauben isolirt befestigt sind, durch 155 mm lange und 25 mm dicke Streifen aus einer Legierung von 12 Theilen Antimon mit 5 Theilen Zink, der noch 1 Theil Wismuth zugesetzt werden kann, zu einem dachartigen Gerüste. Der obere Theil des letzten negativen Streifens der einen Seite und das untere Ende des letzten positiven Bandes der anderen Seite sind durch einen Kupferdraht verbunden. Die unteren Enden der Elemente, die auf zwei Kautschukstreifen aufgeschraubt sind, werden in kaltes Wasser gestellt, die oberen, an der Eisenplatte befestigten, erhitzt. Bei einer Säule aus 20 Elementen war nach

¹⁾ Ann. Chim. Phys. (1866) [4] 8, 432. — ²⁾ Wien. Akad. Ber. (1865) [2] 51, 280.

J. Müller¹⁾ $E = 1 \text{ D.}$, $W_i = 36 \text{ O.}$ 130 Elemente liefern in der Minute etwa 25 cm^3 Knallgas. Die Antimonlegierung ist sehr spröde. Die Berührungsstellen der beiden Metalle oxydiren sich leicht.

Aus einer Legierung, die zur Hälfte aus Antimon, zu einem Drittel aus Zink, zum Rest aus Cadmium

Fig. 32.



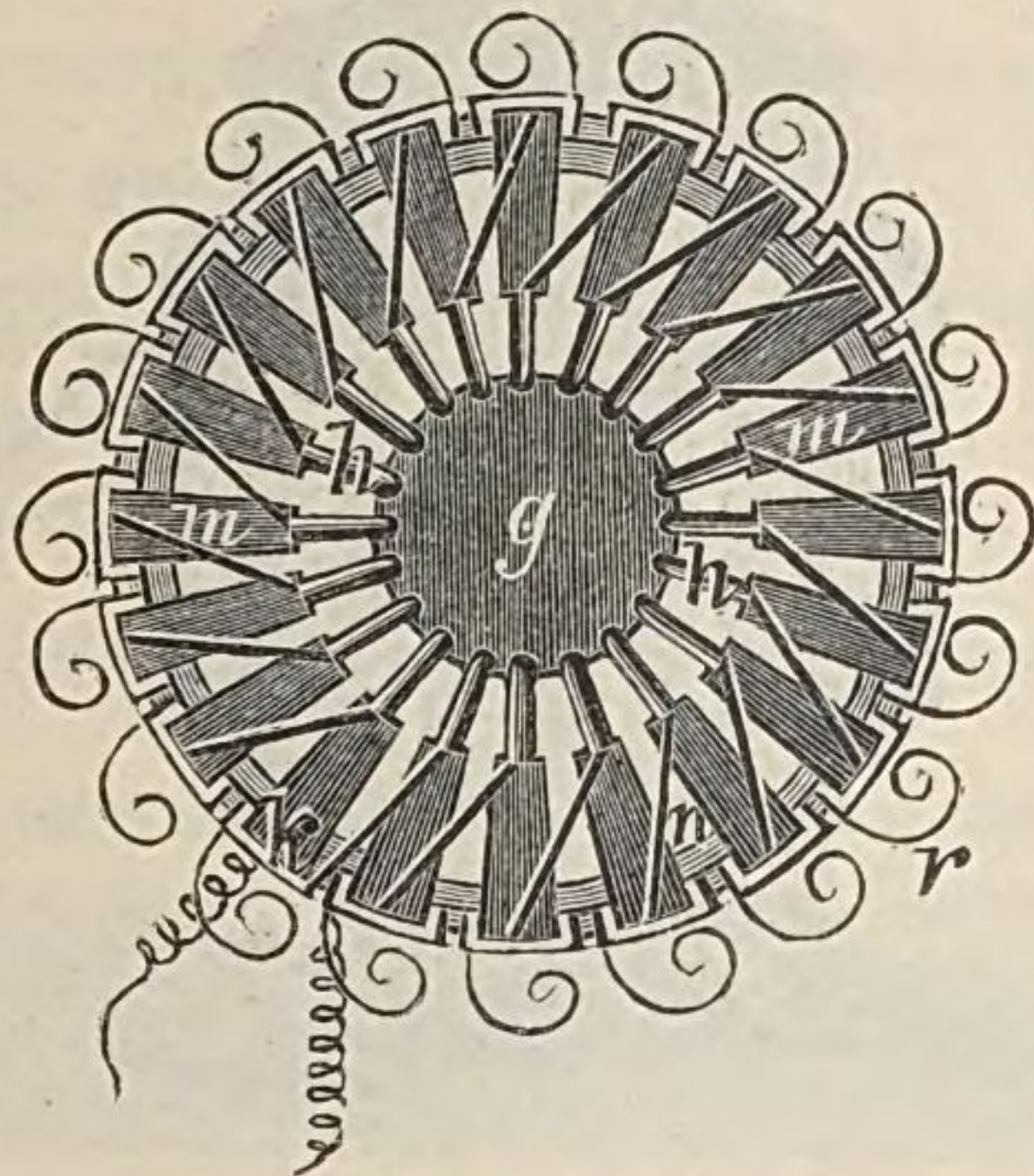
und Silicium, unter Umständen mit einem Zusatze von Kupfer und Zinn, besteht, stellt Giraud²⁾ Elektroden her. Diese werden mit reinem Nickel oder verzinnem Eisen, oder Eisen, das mit Iridium, Platin oder Nickel überzogen ist, oder mit Ferroaluminium zu Elementen verbunden. Die Elemente werden zu Kränzen, diese zu einem cylindrischen Ofen vereinigt. Ein grosser Ofen zeigte $E = 40 \text{ V.}$, $W_i = 10 \text{ O.}$ und lieferte bei Anthracit-

¹⁾ Physik. 7. Aufl. (1868) 2, 474. — ²⁾ D. P. 67610; E. P. 11060/1891.

heizung für 1 Frc. 960 W.-St. 700 in 25 Ringen angeordnete Zellen gaben Hospitalier¹⁾ 30—40 A.

Mestern²⁾ giesst in kleine fingerhutähnliche eiserne Gefässe eine Legierung aus Kupfer, Nickel u. dgl., bekleidet die eisernen Wände mit Asbest, füllt bis oben mit einer Legierung aus Antimon, Zink u. dgl. und vereinigt die mit den geschlossenen Enden nach innen zeigenden Fingerhüte zu einem Hohlcylinder, der von

Fig. 33.



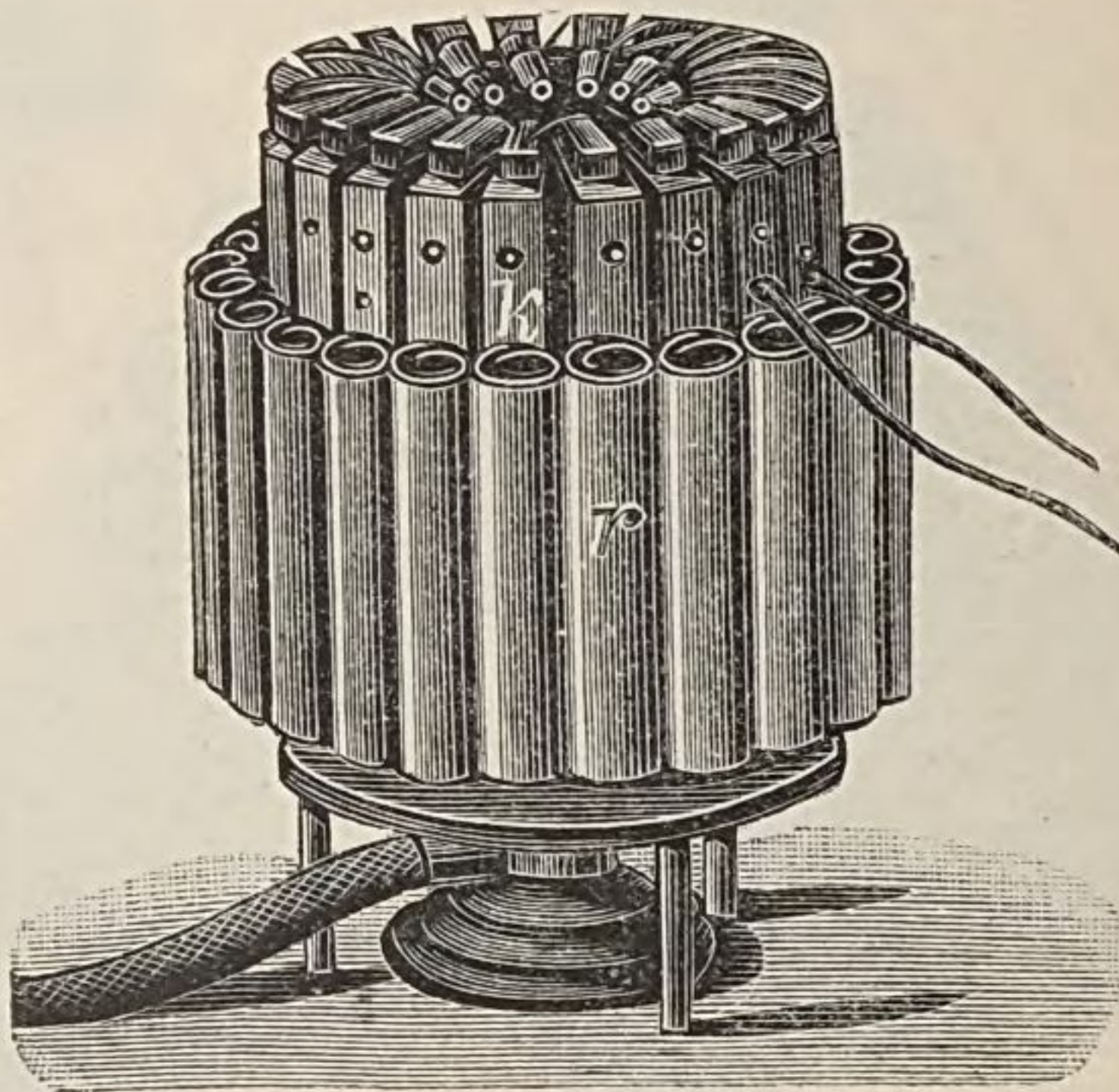
innen geheizt wird. Die Eisenhülle des einen Elementes ist mit der Antimonhülle des anderen verbunden.

Aus positiver Legierung von 62·5% Antimon mit 36·5% Zink und negativem Neusilber stellt Noë³⁾ Thermoelemente her. Die 27 mm langen und 7 mm dicken Antimon-Zink-Stäbchen (siehe Fig. 33) liegen im Kreise angeordnet auf einem Ringe aus Ebonit und sind mit kurzen Fortsätzen *h* versehen, die zur Wärme-

¹⁾ Tel. J. a. El. Rev. (1891) 28. 625. — ²⁾ E. P. 2259/1888. — ³⁾ Pogg. Ann. 143, 113; 146, 617.

zufuhr dienen und übergeschobene Hülsen aus Kupferblech, oder nach Christiani¹⁾ besser aus Platinblech haben. Damit die Wärme auf die Heizstifte gleichmässig vertheilt wird, stehen sie in Berührung mit einem centralen kreisförmigen Glimmerblatt *g*. Neusilberdrähte *n*, einzeln oder zu 6—8 in Bündeln vereinigt, verbinden je zwei Stäbchen *m*. Um deren äussere Enden zu kühlen,

Fig. 34.



ist an sie ein 10 cm langes, 4—5 cm breites, spiralförmiges, mit Russ überzogenes verticales Kupferblech angelöthet. Ausser der in Fig. 34 dargestellten Form hat man auch andere construiert, bei denen die mit ihren Heizstiften gegen einander gerichteten Elemente zwei parallele Horizontalreihen bilden. Die positive Legirung ist sehr brüchig und verhältnissmässig leicht schmelzbar.

¹⁾ Pogg. Ann. Ergänzungsbd. (1878) 8, 579.

Eine ältere Säule aus 132 Elementen gab H. Kayser¹⁾ bei einem stündlichen Gasverbrauche von 160—400 Litern $E = 2-8$ V., $Wi = 10.7-13.5$, nach einiger Zeit 11.3 O.; von Waltenhofen²⁾ 128 Elemente $E = 2$ D. Den maximalen Wirkungswerth berechnet Kollert³⁾ zu 6%, während 0.2% gemessen wurden.

Ähnliche Gestalt besitzt die Abänderung von Rebižek⁴⁾. Der Querschnitt der positiven Elektrode ist quadratisch. Als negatives Blech dient eine besondere Legirung. Die Heizstifte bestehen aus Kupfer. Eine aus 50 Elementen zusammengesetzte Säule verbraucht stündlich 0.54 m³ Gas und giebt $E = 4.3$ V., $Wi = 0.778$ O.

Hauck⁵⁾ sucht in seiner Abänderung die Beheizung besser auszunutzen, Zerstörung durch Ueberheizung zu vermeiden, und will bei einem einzelnen Elemente E auf 0.1 V. erhöht, Wi auf 0.02 O. heruntergedrückt haben.

¹⁾ Wied. Ann. (1885) 26, 9. — ²⁾ Dingl. (1871) 200, 10. — ³⁾ Wied. Beibl. 1893, 222; vgl. a. Elektr. Zeitschr. 1890, 333. — ⁴⁾ Zeitschr. Elektroch. 1884, 179; vgl. dazu H. Kayser, Wied. Ann. (1885) 26, 9. — ⁵⁾ Hck. 302.

5. Allgemeine Constructions-Einzelheiten.

Als Elektroden verwendet Bradley ¹⁾ ein bei der Arbeitstemperatur nicht schmelzendes Metall und eines, das an der heissen Stelle flüssig, an der kalten aber fest ist. Webb ²⁾ verbindet zwei dünne, vielfach zusammengefaltete Bleche aus dem einen Metall durch einen dünnen Draht aus dem anderen. Um die Ueberleitung von Wärme möglichst klein zu machen, gebraucht Woodward ³⁾ als eine Elektrode Drahtgewebe. Cox ⁴⁾ schlitzt die Enden des einen Metalles und giesst das andere an. Die Kühlung erfolgt durch grossflächige Kupferbleche.

Zum Aufbau der Säule befestigen de Lisle Roberts und Mollison ⁵⁾ die durch Guss mit einander vereinigten Metalle so in der Wand eines cylindrischen Ofens, dass die einen Verbindungsstellen nach innen vorspringen. Bei der Construction von Betz ⁶⁾ ragen vom inneren und äusseren Rande eines aus dem schwerer schmelzbaren Metalle hergestellten vielspeichigen Rades Nasen in den Speichenzwischenraum hinein. Diese bieten dem zweiten Metalle Halt, das die Speichen nicht be-

¹⁾ A. P. 420764. — ²⁾ A. P. 449186. — ³⁾ A. P. 394090. — ⁴⁾ A. P. 434427 bis 434429, 434500. — ⁵⁾ E. P. 46/1889. — ⁶⁾ D. P. 48753.

rührt. Der innere und der äussere Radkranz werden neben den Speichen so durchschnitten, dass alle Elemente hinter einander geschaltet sind. Die so hergestellten Sterne werden mit isolirenden Zwischenlagen auf einander gesetzt und durch Klemmen verbunden. Der Heizcanal befindet sich innen. Walbrecht ¹⁾ bettet die Elemente ringförmig in einen erhärtenden Kitt ein und vermehrt die Festigkeit durch Umgeben mit Eisen. Mehrere Ringe werden zu einem Ofen auf einander gesetzt, der von aussen mit Wasser gekühlt wird.

Das Erhitzen der in Platten auf einander gelegten Elemente nimmt Dickerson ²⁾ an einem Rande vor. F. Grünwald ³⁾ führt in die mit Wärmeschutzmasse umgebene Säule ausserhalb erwärmte Bolzen ein. Um die Wärme gleichmässig zu vertheilen, verbindet Cox ⁴⁾ alle Centralcanäle durch Röhren zu einer endlosen Leitung, in der erhitzte Luft circulirt. Abwechselnd erwärmt Meyer ⁵⁾ die eine und die andere Löthstelle dadurch, dass er entweder die Elemente oder die Heizvorrichtungen dreht. Einen ähnlichen Gedanken hat schon einige Jahre früher R. Mewes ⁶⁾ ausgesprochen. Um die Zerstörung durch die Erwärmung hintanzuhalten, schliesst Edelkamp ⁷⁾ die beiden Metalle in feuerfeste flaschenähnliche Gefässe ein. Edison ⁸⁾ will die Temperaturdifferenz zwischen der heissen und der kalten Berührungsstelle beider Metalle dadurch möglichst gross machen, dass er zwei Scheiben aus verschiedenen Metallen, die sich drehen und von denen die eine erhitzt

¹⁾ D. P. 43367. — ²⁾ A. P. 472037. — ³⁾ D. P. 84183. — ⁴⁾ El. Rev. 1895, 26. — ⁵⁾ D. P. 83170. — ⁶⁾ Neuzeit 1892; Kraft u. Masse, Berlin 1894, II, 22. — ⁷⁾ A. P. 425568. — ⁸⁾ A. P. 434587.

ist, zur Berührung bringt. Wunderlich ¹⁾ schliesst einen auf beiden Seiten mit weit berührenden Kupferhülsen bedeckten Kohlencylinder in eine feuerfeste Hülle ein und erhitzt das eine Ende zur Rothgluth.

Die Kühlung nimmt derselbe ²⁾ beim Aufbau grösserer Batterien durch besondere Kühlkammern, die zwischen den Heizkammern angeordnet werden, vor. Die in deren Mittelraume sich bildenden Wasserdämpfe werden mit Luft zusammen in je zwei seitlichen Kammern nach abwärts abgesogen, in einen Sammelraum geführt und unter den Roststäben abgeblasen. Bei Acheson ³⁾ sind die erwärmte und die abgekühlte Stelle durch eine leitende Flüssigkeit oder ein erhitztes Gas verbunden. Die Flüssigkeit wird an der einen Stelle eines ringförmigen Raumes, der zwischen einem isolirten runden Stabe und einer gleichfalls isolirten, ihn concentrisch umgebenden Röhre gebildet ist, zu-, an einer anderen Stelle abgeführt. Die Röhre wird von aussen geheizt. Der durch Draht damit verbundene Stab kann sich höchstens bis zum Siedepunkt der Flüssigkeit erwärmen. $E = 2.25 V$.

Die secundären Windungen eines Transformators will Acheson ⁴⁾ durch Ansätze zu einer Heizflamme führen und dadurch einen Theil der Wärme in Elektrizität umsetzen.

Eine secundäre Thermosäule ist weiter unten bei den Akkumulatoren beschrieben.

¹⁾ D. P. 85859. — ²⁾ D. P. 85329. — ³⁾ A. P. 375242 u. 375243. — ⁴⁾ D. P. 54508.

6. Thermo-elektrochemische Elemente.

Da die Ströme, die an den Berührungsstellen von Metallen mit Elektrolyten beim Erwärmen auftreten, bisher nur ein wissenschaftliches Interesse bieten, sei hier verwiesen auf die Vorschläge Powell's¹⁾, Bagard's²⁾, Case's³⁾, Skinner's⁴⁾ und Riatti's⁵⁾, die ein dereinstiges praktisch brauchbares Resultat wenigstens schon ahnen lassen.

¹⁾ El. Rev. 20, 2. — ²⁾ Compt. rend. (1891) 113, 849. — ³⁾ Proc. Roy. Soc. London (1886) 40, 345. — ⁴⁾ Proc. Phys. Soc. London (1895) 13, 477. — ⁵⁾ A. P. 470260; E. P. 8323/1891.

II. Secundär-Elemente oder Akkumulatoren.

Die Entstehung eines Secundärstromes bei Platin- und Silberdrähten, die zur galvanischen Zersetzung von Salzwasser gedient hatten, beobachtete zuerst Gautherot 1801. Erman machte darauf aufmerksam, dass der Draht positiv sei, der mit dem positiven Pol der Batterie verbunden gewesen war. Ritter¹⁾ machte ähnliche Beobachtungen wie Gautherot an Golddrähten und fand bei den Versuchen, die ihn zur Construction seiner »Ladungssäulen« (siehe S. 168) führten, dass Metalldrähte, die öfter in einem Wasserzersetzungssapparate als Elektroden benutzt worden waren, geeigneter zur Hervorbringung eines Polarisationsstromes waren, als solche, die nur einmal gebraucht wurden. Poggendorff²⁾ bestätigte diese Resultate. Sinsteden³⁾ fand, dass von zwei Bleiplatten, die als Elektroden bei der Zersetzung verdünnter Schwefelsäure benutzt wurden, die eine (positive) sich bald durch einen dichten Ueberzug von Bleisuperoxyd bräunte, während die andere (negative) schwarzgrau durch reducirtes Blei wurde. Unterbrach er jetzt den primären Strom, so erhielt er einen ziemlich starken entgegengesetzt gerichteten Polarisationsstrom, der je

¹⁾ Voigt's Mag. f. d. neuest. Z. d. Naturk. (1803) 6, 104. — ²⁾ Pogg. Ann. (1848) 75, 341. — ³⁾ Pogg. Ann. (1854) 92, 1.

nach der Grösse des Schliessungswiderstandes kürzere oder längere Zeit andauerte. Dass Superoxyde, besonders die vom Blei und Mangan, gegen die Metalle selbst sich stark elektronegativ verhalten, hatte schon vorher Gmelin¹⁾ beobachtet.

Diese Untersuchungen blieben lange, selbst in der wissenschaftlichen Welt unbeachtet. Ein eingehenderes Studium widmete den Secundär-Elementen erst wieder Gaston Planté²⁾, ohne Kenntniss der Arbeiten Sin-steden's, aber veranlasst durch einen Vorschlag Jacobi's, die Secundärströme praktisch nutzbar zu machen. Er bildete ein Element aus zwei Bleiplatten, die unter Zwischenfügung eines Tuches zu einer Spirale aufgerollt und in 10⁰/₀ige Schwefelsäure gestellt wurden. Aber auch diese Anläufe zur Herstellung eines praktisch verwendbaren Akkumulators verrannen im Staube der Bibliotheken. Die gewaltige Umwälzung in der Elektrotechnik durch Einführung des Siemens'schen Dynamo-princips verschaffte auch dem Akkumulator erst eine grössere Beachtung. Planté selbst veröffentlichte 1879 eine eingehendere Monographie über die Vorgänge im Akkumulator und seine Behandlung.³⁾

Trotz mancher Verbesserung hafteten dem Planté'schen Akkumulator, den wir weiter unten (siehe S. 203) beschreiben werden, noch viele Unvollkommenheiten an. Das Formiren blieb langwierig und deshalb kostspielig. Die Capacität war im Verhältnisse zu dem grossen Gewichte eine unbefriedigende. Die Platten krümmten sich, weil beim Laden der Strom nur einseitig auf sie

¹⁾ Pogg. Ann. (1838) 44, 11. — ²⁾ Compt. rend. (1859) 49, 402; (1860) 50, 640; (1869) 66, 1255. — ³⁾ Recherches sur l'Électricité, Paris 1879.

wirkte. Das schwammige Blei fand keine genügende Unterstützung. Das Bleisuperoxyd wurde zwar durch Flanellumwicklungen vor gänzlichem Abfalle von den Platten, aber nicht vor dem Losblättern bewahrt, so dass der Contact zwischen der Masse und der Platte schlecht, der innere Widerstand des Elementes also gross wurde. Eine kürzere Formirungszeit hatte schon 1878 R. L. Metzger¹⁾ dadurch zu erreichen gesucht, dass er Bleioxyd, mit Schwefelsäure angemacht, in Bleibehälter einfüllte. Bekannt wurde die Anwendung solcher activen Masse erst einige Jahre später durch Faure.

Die Akkumulatoren von Planté und von Faure sind die Vorbilder für die meisten anderen Constructionen. Diese kann man demnach eintheilen in:

A. Akkumulatoren, deren Elektroden vor der Formation aus metallischem Blei bestehen.

B. Akkumulatoren, deren Elektroden schon vor der Formation aus Bleiverbindungen, entweder mit oder ohne Träger bestehen.

C. Akkumulatoren mit Bleiplatten und anderen als Bleiverbindungen als Füllmasse.

D. Akkumulatoren, bei denen Blei, beziehungsweise -Superoxyd auf anderen als Bleiplatten niedergeschlagen wird.

E. Akkumulatoren mit negativen Elektroden aus anderem Materiale wie Blei.

F. Akkumulatoren mit zwei anderen wie Bleielektroden.

¹⁾ El. Anz. 1892, 651.

A. Akkumulatoren mit metallischen Bleiplatten vor der Formation.

Planté¹⁾ rollt zwei über einander liegende, durch zwei oder drei Kautschukbänder von 1 cm Breite und 0.5 cm Dicke von einander isolierte, 60 cm lange, 20 cm breite und 1 mm dicke Bleiplatten über einen Holzcylinder, der nachher entfernt wird, zu einer Spirale auf (siehe Fig. 35), fixiert deren Windungen dadurch, dass er oben und unten je zwei erwärmte Guttaperchastäbe kreuzweise darüber drückt, und stellt die Spirale in 10%ige (9 Grad Bé., spezifisches Gewicht 1.067) Schwefelsäure. Zur Ladung sind zwei Bunsen- oder drei Daniell-Elemente völlig ausreichend; ein stärkerer Ladestrom beeinträchtigt die Dauerhaftigkeit. Bei dieser Formirung wird die Richtung des Stromes, zuerst etwa alle Viertelstunden, später immer weniger häufig gewechselt. Vor jedem Wechsel wird entladen. Dadurch werden die Platten aufgelockert und der Oxydation, beziehungsweise Reduction zugänglicher gemacht. Nach vollendeter Formirung lässt man den Ladestrom nur noch in einem Sinne durch das Element gehen. E bei Anfang der Entladung = 1.4—1.5 Bunsen, geht dann

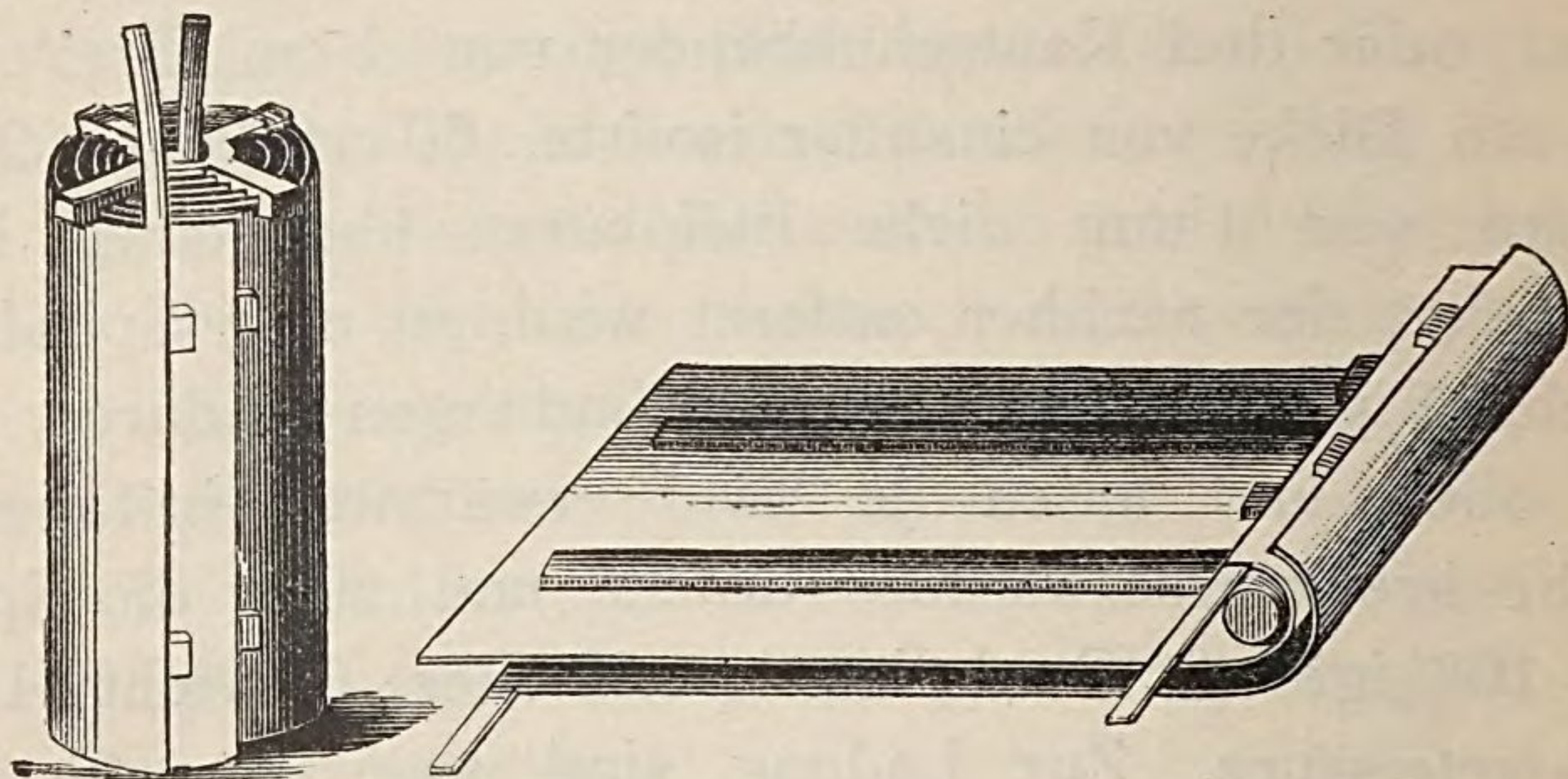
¹⁾ Compt. rend. (1872) 74, 592.

schnell auf 1·17 Bunsen herab, hält sich aber auf diesem Werthe lange. $W_i = 0\cdot03$ O. Der Nutzeffect soll 90⁰/₀ sein.

Horizontale, durch Porzellanscheiben von einander getrennte Platten aus Bleilegirungen bauen Shippey Brs.¹⁾ in ihren »Standard-Akkumulator« ein.

Leicht oxydirbar sollen die Platten von G. E. Heyl²⁾ sein, die aus Chromblei oder Wolframblei bestehen.

Fig. 35.



Diese Legirungen werden hergestellt, indem abwechselnde Schichten von einem durch Theer verkitteten Gemenge eines Chromats oder Wolframats mit Kohle und von Blei auf Weissgluth erhitzt werden. Statt dieser Legirungen wendet die Société Suisse pour la Construction d'Accumulateurs Électriques³⁾ Blei-, Chrom- oder Blei-Wolframverbindungen an.

Ungemein poröse Platten will J. Hart Robertson⁴⁾ (Standard Storage Co.) durch Mischen von halb-

¹⁾ El. Eng. London 6, 3. — ²⁾ D. P. 49209/1889. — ³⁾ D. P. 65652. —

⁴⁾ El. World 1895; Zeitschr. Elektroch. (1896) 2, 561.

geschmolzenem Blei mit gepulvertem Bimsstein herstellen. Die Zellen sollen bei gleicher Capacität nur ein Drittel so schwer sein wie die sonst gebräuchlichen. Mit dieser Behauptung stimmen die angegebenen Zahlen aber nicht überein. Die Haltbarkeit der positiven Platten dürfte zu wünschen übrig lassen.

Garassino schlägt durchlochte Bleiplatten vor; Elwell und Parker¹⁾ wickeln diese spiralförmig auf. Spiralen wendet auch Bréguet²⁾ an. Crompton, Fitzgerald, Biggs und Beaumont³⁾ perforiren oder punktiren dünne Bleiplatten durch feine Nadelstiche.

Kabath macht Einschnitte in die Platten und biegt das frei gemachte Blei zu Ringen auf. Petschel⁴⁾ schichtet kleinere und grössere Bleiplatten, die mit **V**-förmigen Vertiefungen versehen sind, in **U**-förmigen Rahmen auf und trennt die Elektroden durch nichtleitende, durchlöchernte Wände.

Die hiedurch angestrebte Vergrösserung der Elektrodenoberfläche, die zur Erzielung einer grösseren Capacität wichtig ist, will G. Reynier durch Faltung der Platten erreichen. Tabor⁵⁾ versieht die Platten mit Wellen und quer dazu mit Furchen.

L. Epstein⁶⁾ besetzt die Platte mit parallelen, 1 mm starken und $3\frac{1}{2}$ —4 mm langen Rippen, die bei der Formirung fast ganz zuwachsen. Vor der Formation werden sie mit kochender, 1%iger Salpetersäure so lange behandelt, bis sie mattgrau aussehen. Das Superoxyd haftet gut auf diesen Platten, weniger wohl das schwammige Blei. Die dünnen Rippen verbürgen keine

¹⁾ Centralbl. El. 1883, 641. — ²⁾ Elektr. Zeitschr. (1883) 4, 200. — ³⁾ D. P. 22816/1882. — ⁴⁾ E. P. 19967/1893. — ⁵⁾ Lum. él. (1891) 44, 480. — ⁶⁾ Z. 63.

allzu grosse Haltbarkeit. Gegen starke Entladungen sollen die Platten sich unempfindlich gezeigt haben.

Tamine stellt die positiven Elektroden aus je einem Paare Bleiblättchen, die negativen aus einem dünnen, 1 mm dicken Bleiblatt her. Méritens füllt die Hohlräume zwischen U-förmig gebogenen, 2 mm starken Bleiplatten durch Bleibleche aus. Blätter oder Streifen aus leitendem Material überdecken bei Harris¹⁾ am Rande solche aus nichtleitendem, aufsaugendem Materiale und sind an den Rändern zusammengefasst. Tommasi²⁾ ordnet Bleilamellen von 15 mm Breite und 0.3 mm Dicke dicht neben einander vertical in quadratischen Rahmen von 30 cm Seitenlänge an, die aus viereckigen, fingerdicken Bleistäben gebildet sind. Oder³⁾ er versieht 2 mm dicke Bleiplatten in Abständen von je 5 mm mit 35 mm breiten Plättchen, die jalousieartig unter einem Winkel von 30—40 Grad vorspringen, und füllt den Raum zwischen letzteren mit einer $\frac{1}{12}$ mm dicken Schicht Bleifolie oder schwammigen, elektrolytisch abgeschiedenen Bleies. Um die Platten porös zu machen, werden sie auch aus einer Blei-Zinn-Legirung hergestellt, aus der dann das Zinn vor dem Gebrauche galvanisch ausgeschieden wird.

Aus einem schräg zur Längsrichtung gewellten Bleistreifen, der durch Hin- und Herbiegen so quer gefaltet ist, dass sich die Wellen in jeder Falte kreuzen, bildet J. A. Timmis⁴⁾ die Elektrode. Carpentier löthet für die positiven Platten 15 mm breite und 0.5 mm dicke, für die negativen 10 mm breite und

¹⁾ A. P. 489186. — ²⁾ Elektr. Zeitschr. (1883) 4, 200. — ³⁾ Centralbl. f. Elektr. 1882, 596. — ⁴⁾ D. P. 85827.

0.25 mm dicke Bleistreifen an den Enden zusammen und trennt die Platten durch poröse Scheidewände. Auch Drake und Gorham¹⁾ verlöthen eine Reihe von Bleistreifen an ihren Enden mit zwei Bleistangen zu einer Platte.

Palmer²⁾ ordnet senkrecht zur Plattenebene durchlochte und mit Vorsprüngen versehene Plättchen an, die durch senkrecht hindurchgehende Bolzen festgehalten werden. Smith³⁾ bringt in Bleirahmen dünne Streifen an. Diese werden durch Asbest getrennt, der den Elektrolyt ansaugen soll, was nach den Untersuchungen Aron's unwahrscheinlich ist. Auch Dujardin⁴⁾ erfüllt den Rahmen mit dünnen Streifen. Die Capacität eines Akkumulators von 220 A.-St. beträgt für 1 kg Plattengewicht 9.9 A.-St., für 1 kg Gesamtgewicht 5.38 A.-St. (Tudor 4.32), der normale Lade- und Entladestrom für 1 kg Plattengewicht 0.97 A., der maximale Entladestrom 4.2 A.⁵⁾ Bernados löthet auf massiven Platten eine grosse Zahl abwechselnd gerader und gewellter Bleistreifen auf. Ebenso verfährt Irving (The Franklin Co.).⁶⁾ Die active Masse wird auf den Platten selbst gebildet. Ein Akkumulator mit 9 Platten hat beinahe 3 m² Plattenoberfläche, eine Capacität von 150 A.-St. und liefert 1 A.-St. pro 0.12—0.13 kg Bruttogewicht. Die durch Standisolatoren getrennten Platten bildet Morse⁷⁾ aus schmalen, eng im Zickzack zusammengefalteten Bleistreifen, die durch eingepresste Rinnen carrirt sind und durch ein Bleiband zusammen-

¹⁾ E. P. 12650/1894. — ²⁾ A. P. 462449. — ³⁾ E. P. 7848/1886. — ⁴⁾ F. P. 174761/1886. — ⁵⁾ Electrician London (1892) 28, 423. — ⁶⁾ El. Eng. N.-Y. (1893) 16, 250. — ⁷⁾ A. P. 502824.

gehalten werden. Morrison¹⁾ zieht die Bänder schlangenförmig auf einen Rahmen auf oder²⁾ vereinigt sie zu Büscheln. Jones³⁾ giesst an die Grundplatte feine metallische Streifen von linsenförmigem Profile an. Die Reihen beider Elektroden greifen in einander. Aus 0·1 mm dickem Bleiblech schneidet de Kabath⁴⁾ 1 cm breite und abwechselnd 36 und 56 cm lange Streifen, wellt letztere so lange, bis sie auch nur noch 36 cm Länge haben, und löthet 160—190 Stück dieser geraden und gewellten Streifen in abwechselnder Lage an die schmalen Längsstreifen einer Bleischeide an, deren Breitseiten vielfach durchlocht sind. Diese Scheide kann auch⁵⁾ aus durchlöchertem Carton, Kautschuk, Pergament oder einem anderen säurebeständigen Stoffe gebildet werden. Eine Bleischeide mit Streifen wiegt 1 kg.

Ein krausenförmig geriffeltes oder mit irgend einer anderen unebenen Oberfläche versehenes Bleiband wickelt Moskowitz⁶⁾ zu einer Spirale auf, deren inneres Ende an einen Bleiring, deren äusseres an einen umgebenden Rahmen angelöthet wird. Die kreisförmigen Platten werden, durch siebartig durchlöchertes Celluloidwellblech getrennt, auf eine gemeinschaftliche Ebonitachse geschoben. Das Verfahren ist eine Combination bekannter. Colgate⁷⁾ füllt den Bleirahmen mit Litzen, die aus Bleistreifen oder Bleibändern gewoben sind. Webschützenförmig aufgewickelte Metallbänder vereinigt Blot⁸⁾ in einem Rahmen aus antimonhaltigem Blei. Um Träger aus Hartblei werden Bänder aus reinem, formirtem Blei

¹⁾ A. P. 522479/1894. — ²⁾ A. P. 512514/1894. — ³⁾ D. P. 32987/1884. — ⁴⁾ D. P. 21689/1882. — ⁵⁾ D. P. 22690/1882. — ⁶⁾ A. P. 537989/1895. — ⁷⁾ A. P. 479753; E. P. 13562/1892. — ⁸⁾ D. P. 82238.

gewickelt, und zwar so, dass geriffelte mit geriffelten und gewellten abwechseln. Diese Gestaltung ermöglicht das leichte Eindringen und den ungehinderten Durchgang des Elektrolyten. Die Träger werden am Rahmen fest gelöthet. Walter¹⁾ bildet Platten aus zusammengerolltem gewellten Bleiband oder setzt so hergestellte Scheiben in die Löcher einer starken Platte ein. Auch Mc. Donald²⁾ fertigt Gitter aus Bleiband.

Bailly³⁾ schneidet die Bleiplatten fransen- oder zinkenartig ein und webt oder flicht Bleistreifen ein, die durch Zusammenlegen von Spänen hergestellt sind. Gläserer bildet Spiralen aus 30 m langen, 1 cm breiten und 0.4 mm dicken Bleistreifen, die auf beiden Seiten mit körnigen Buckeln versehen sind. Die Spiralen werden getrennt durch gefirnisste Holzkreuze, über einander gelegt und mit ihren Enden abwechselnd an zwei verticale Bleistangen angeschlossen. Ein aus 11 Spiralen bestehender Akkumulator wiegt 12 kg und hat 660 cm² Bleioberfläche. Elieson⁴⁾ schiebt die mit Asbestzwischenlage versehenen Spiralen in die Felder eines Gitters ein und wählt die Breite des Bleistreifens so, dass die Spiralen beiderseits etwas über die Gitterstäbe hervorragen. Ein Vorthail dieser Construction besteht ausser der grossen Oberflächenwirkung darin, dass die einzelnen Spiralen leicht ausgewechselt werden können. Aehnlich verfährt Hall⁵⁾. Auch Morrison⁶⁾ befestigt in den Platten Spiralen aus Bleistreifen. Letztere können auch in Bündelform als Platten verwendet werden.

¹⁾ A. P. 453950. — ²⁾ A. P. 460235. — ³⁾ D. P. 38903. — ⁴⁾ D. P. 35194.
— ⁵⁾ E. P. 2487/1894. — ⁶⁾ E. P. 14044/1892.

Arnould und Tamine wickeln einen Bleidraht um einen Glasstab zu einer sehr engen Spirale auf, umgeben diese mit Pergamentpapier, wickeln darum wieder eine ähnliche Spirale u. s. f., oder sie spannen Bleidrähte möglichst nahe aneinander auf. Auch Urquhart und Small¹⁾ gebrauchen als Elektroden Bleidrahtspiralen. J. und L. Legay²⁾ wickeln schraubenartig gewundene Bleidrähte zu Kabeln und ordnen diese so an, dass die Windungen je zweier benachbarter Kabel nach entgegengesetzten Seiten laufen, so dass die Platte sich nicht werfen kann. Unten werden die Kabel durch einen beiderseits nach unten umgebogenen Bleistab gehalten. Oben sind rechtwinklig gebogene Träger befestigt. Reynier und Simmen pressen Platten aus Bleifasern, die erhalten werden, indem man geschmolzenes Blei durch den durchlöcherten Boden eines erwärmten Gefäßes und dann in kaltes Wasser fließen lässt. Sehr poröse Platten erzielen Crompton & Howell dadurch, dass sie geschmolzenes, gerade auf dem Krystallisationspunkt stehendes Blei in Blöcke ausgießen. Diese bestehen dann aus Bleikrystallen, die durch Zwischenräume getrennt sind, und werden in Platten zerschnitten.

Fein zerstäubtes Blei, das in einer geschlossenen Kammer gewonnen wird, verwendet Coleman³⁾ für die Platten.

D. Tommasi und Ch. Theryc⁴⁾ bilden die Platten aus einer Reihe durchlochter, mit dem activen Materiale gefüllter Röhren, in deren Inneren sich eine an der verbindenden Metallplatte befestigte Zuleitungsstange

¹⁾ Lum. él. (1892) 48, 27. — ²⁾ D. P. 60841/1891. — ³⁾ A. P. 495107. — ⁴⁾ D. P. 56413/1890.

befindet und die unten durch Kautschukdeckel verschlossen sind. Die Platten werden durch poröse Scheidewände getrennt. Ihre Haltbarkeit erscheint zweifelhaft. Woodward¹⁾ nimmt durchlöchernte Röhren aus Vulkanfiber und steckt in sie spiralige oder gewellte Kerne aus Blei, an denen viele Drähte oder anders gestaltete Bleistücke befestigt sind. Auch Rowley²⁾ schlägt nichtleitende poröse Röhren zur Aufnahme der Leiter vor.

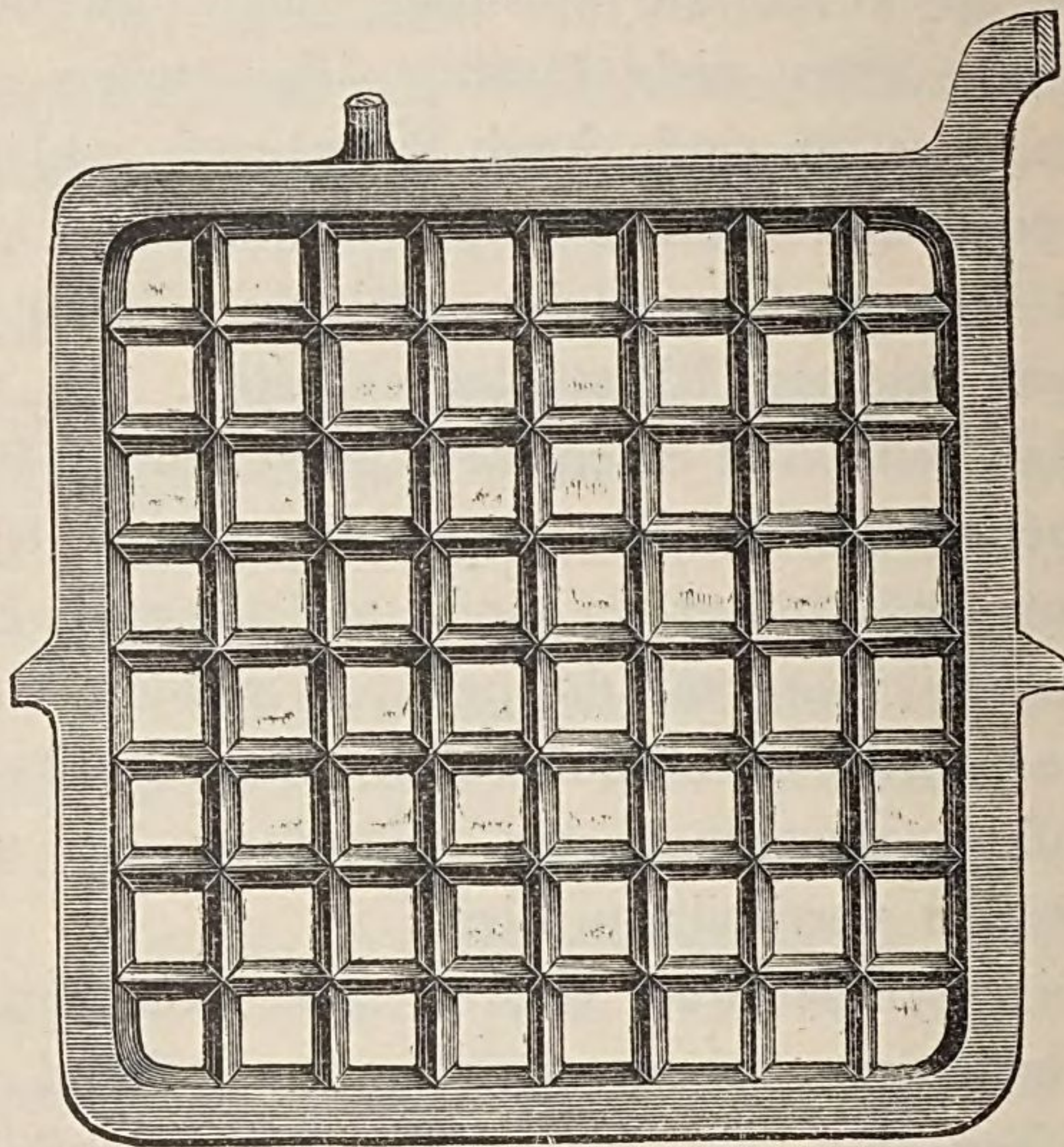
Eine grosse Oberfläche will de Changy durch Anwendung kleiner Bleistücke erhalten, mit denen er eine poröse Zelle und einen diese umgebenden Bleikasten füllt. Ebenso verwendet Jarriant feines Bleischrot. Schönemann³⁾ hängt in einen als negative Elektrode dienenden Bleikasten mit doppelter Wandung, von denen die innere schräg durchlöchernt ist, einen zweiten Kasten mit ebenfalls durchlöcherter Wandung ein und füllt beide mit fein vertheiltem Blei.

Pitkin⁴⁾ bildet den Kasten aus Holzbrettern, die durch schräg von oben nach unten gehende Löcher durchbrochen sind. Er wird gefüllt mit Bleiabfällen oder anderem fein vertheilten Blei. Die Stromzuleitung erfolgt durch einen dicken Bleistab, von dem nach allen Seiten verzweigte feinere Streifen abgehen. Die Breitseiten des Kastens werden zuweilen jalousieartig ausgebildet. Die Seitenwände können auch aus Filzplatten bestehen, die auf einem viereckigen Bleirahmen befestigt sind. Bei einer späteren Construction hat Pitkin⁵⁾ die Kästen weggelassen und die Bleiabfälle durch Flanschen und Rippen an den Bleiplatten festgehalten. Auch bei den Akkumu-

¹⁾ A. P. 434224; Elektr. Zeitschr. 1890, 562. — ²⁾ A. P. 495638. — ³⁾ D. P. 34103. — ⁴⁾ D. P. 22198/1882. — ⁵⁾ E. P. 7596/1886.

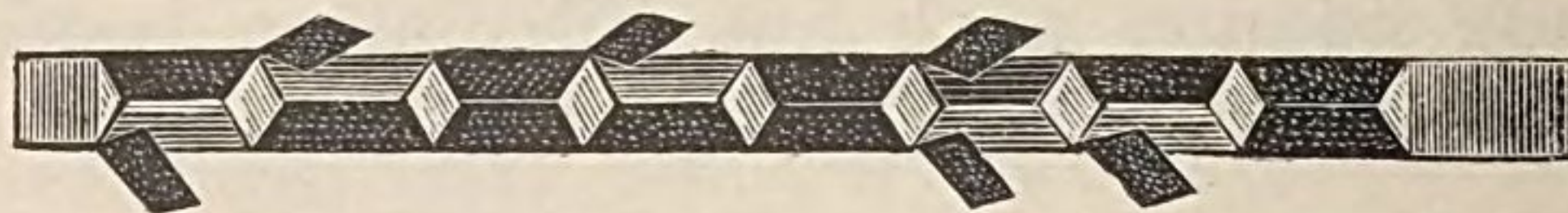
latores der Société anonyme pour le travail élect. des métaux wird das poröse Blei zwischen rost- oder gitterförmige Träger gebracht.

Fig. 36.



Volkmar¹⁾ verwendet ein Gitter (siehe Fig. 36 und 37) mit runden, ovalen, rechteckigen, quadratischen

Fig. 37.



oder sonstwie geformten Oeffnungen, die sich von aussen nach innen verengen, und schmiert in diese chemisch reines Bleipulver (auch wohl Späne, feines Schrot oder

¹⁾ D. P. 19928/1881.

sonstige Bleiabfälle) ein, das mit verdünnter Schwefelsäure angerührt ist. Die Rippen haben viereckigen Querschnitt. Lötet man zwei solcher Gitter an ihren Rahmenleisten zusammen, so braucht man die Füllmasse einfach in den dadurch entstehenden Kasten zu bringen. Die Zellen können aus welligem Bleiblech mit irgend einem Profil hergestellt werden.

Mit langen Zinken versehene Platten lässt Irving¹⁾ in einander greifen. Um Berührungen der Zinken zu vermeiden, kann man sie in durchlochenden Isolirplatten lagern.

Damit das Losbröckeln der activen Masse von den positiven Platten gehindert wird, bestehen diese in dem Sammler »Ercole« von Quaglia²⁾ aus sehr dünnem Blech, das von Bleipulver umgeben ist. Dieses wird bei kleinen Zellen zwischen biegsame Diaphragmen von geringem Widerstande, bei grossen Zellen zwischen durchlochenden Wänden aus Bleiantimonlegirung oder einem anderen Metall gebracht.

Das Eindringen des Elektrolyten in die Platten soll nach Ludlow durch Ausübung eines starken Druckes auf die Flüssigkeit erleichtert werden.

Zur Beschleunigung der Formirung will Planté³⁾ vor oder bei der Ladung die Platten erwärmen, ebenso Brush beim Laden. Untersuchungen von Beetz und Beobachtungen Anderer ergeben aber, dass die Polarisation dadurch gestört wird. Dagegen kann die Dauer der Formirung sehr abgekürzt werden, wenn man die

¹⁾ A. P. 496658. — ²⁾ Elektr. Zeitschr. (1892) 13, 293. — ³⁾ Compt. rend. (1882) 95, 418.

Platten vor dem Einbauen in die Zelle in Salpetersäure (1:2) taucht. So hat zuerst Planté und nach ihm Woodward gearbeitet. Nach der Formirung bröckelt aber das Superoxyd von derartig behandelten Platten leicht ab. Ausserdem erfolgt der Angriff durch die Salpetersäure ungleichmässig. Bessere Resultate erzielt man nach dem Vorschlage L. Epstein's ¹⁾ (vgl. S. 205) durch mehrtägiges Kochen der Platten in 1⁰/₀iger Salpetersäure. Nach dem Trocknen unter Luftzutritt wird der Rest der Salpetersäure aus den Platten dadurch entfernt, dass man sie in verdünnte Schwefelsäure, die etwas Kupfersulfat enthält, als Kathoden einsetzt. Lucas ²⁾ will dasselbe durch Behandeln mit Ammoniak und Erhitzen auf über 200⁰ erreichen. Die so erhaltenen Schwammplatten werden auf gewöhnliche Weise oder in der mit Weinsäure versetzten Lösung eines Sulfats elektrolytisch peroxydirt.

Garasino ³⁾ bringt spiralförmige, aus Bleistreifen gebildete Seile, die in Bleirahmen eingegossen sind, 12 Stunden in Salpetersäure, dann in Kalilauge und zuletzt in reines Wasser. Nachdem in heisser Kalilauge elektrolytisch schwammiges Blei gebildet ist, werden sie ausgepresst.

Oder er bringt die Platten in ein Gemisch aus Schwefelsäure und Salpetersäure. In dasselbe Gemisch legen Elwell & Parker ⁴⁾ zuerst ihre Spiralen (siehe S. 205) 24 Stunden lang. Die eigentliche Formirung geschieht aber nach dem Abwaschen der Spiralen in verdünnter Schwefelsäure, und zwar 6 Stunden lang mit

¹⁾ A. P. 425999; E. P. 350/1890. — ²⁾ D. P. 69483. — ³⁾ E. P. 12665/1892. — ⁴⁾ Centralbl. Elektr. 1883, 641.

12 A. Dann werden sie 3 Stunden entladen, darauf wieder entgegengesetzt geladen und sind nun gebrauchsfertig. Wenig werthvolle Untersuchungen dieser Zellen lieferte Preece¹⁾. Natriumnitrat fügt Dujardin der Schwefelsäure zu, Bleinitrat Hering, Salpetersäure-Aethylester eine Chicagoer Firma. Nach Swinburne²⁾ beschleunigt die Anwendung eines Gemisches aus verdünnter Schwefelsäure und Essigsäure die Formirung am meisten. Darnach wird die Essigsäure weggedampft. Aehnlich verfährt Boettcher, während Hering in Bleiacetatlösung formirt und Swan Bleiweiss auf den Platten erzeugt (siehe später). Montaud formirt die Platten in Kaliumplumbatlösung und will pro Quadratmeter eine Capacität von 20 A.-St. schon nach $\frac{1}{4}$ Stunde erreichen. Ebenso arbeitet Duncan. Es wird auch empfohlen,³⁾ durch Kochen der Bleiplatten in einer Lösung von Bleiglätte in Kali- oder Natronlauge eine dicke lockere Schicht von Bleischwamm auf ihnen zu erzeugen, diese dann stark zusammen zu pressen und zu formiren. H. Zerener⁴⁾ will durch Elektrolyse bleihaltiger alkalischer Lösungen Platten formiren und unbrauchbar gewordene, ursprünglich irgendwie formirte Anoden wieder herstellen.

Dreimal schneller als in Schwefelsäure geht die Oxydation des Bleies nach P. Schoop⁵⁾ in Kalkwasser vor sich. Nach einwöchiger derartiger Behandlung wurden bei siebenmaligem Stromwechsel nach dem Laden in gewöhnlicher Säure 45 A.-St., nach der dritten Ladung 60 A.-St. Capacität erhalten. Vielleicht am

¹⁾ El. Rev. 16, 487. — ²⁾ Elektr. Zeitschr. 1887, 34. — ³⁾ El. Rev. (1891) 29, 677. — ⁴⁾ D. P. 61055/1891. — ⁵⁾ Sch. I, 101.

sichersten lässt sich nach demselben Autor ¹⁾ eine tiefgehende Auflockerung von Bleioberflächen erzielen, wenn man eine mittlere Anoden- und zwei leitend mit einander verbundene seitliche Kathodenplatten in einem 25 Grad warmen Bade, das auf 95 Th. Wasser 5 Th. Natriumbisulfat und 0.7 Th. Kaliumchlorat enthält, mit einer Stromdichte von etwa $\frac{1}{3}$ A. pro Quadratdecimeter 72 Stunden lang behandelt. Ist die positive Elektrode etwa 2 mm tief angegriffen, so wird sie herausgenommen, als Kathode mit zwei gewöhnlichen Bleiblechen zusammen in 5%ige Schwefelsäure gestellt und mit 1 A. so lange reducirt, bis die Oberfläche gleichmässig grau erscheint und sich freier Wasserstoff entwickelt. Dann wird die Elektrode durch Waschen mit destillirtem Wasser von den letzten Spuren Salzsäure befreit, getrocknet und durch Erhitzen unter Luftzutritt bis nahe an den Schmelzpunkt des Bleies mit einem fest haftenden gleichmässigen Bleioxyd-Ueberzuge versehen. Die Ueberführung solcher Platten in positive erfolgt wie gewöhnlich in 20%iger Schwefelsäure; die negativen können durch Reduction der positiven erhalten werden.

Ein energischer Angriff erfolgt auch, wenn man als Elektrolyten Ammonsulfat und Flusssäure nimmt. Die Auflockerung kann auch in stark verdünnter Natronlauge vorgenommen werden mit einem Wechselstrom, der in der Minute etwa 60 Schwingungen macht.

Statt in 9 Monaten, wie nach dem ursprünglichen Planté-Verfahren, will Luckow ²⁾ die Formation bei

¹⁾ Sch. I, 106; E. P. 7513/1890. — ²⁾ D. P. 84423/1894.

mässiger Stromdichte schon in 5 Tagen erreichen, wenn als Elektrolyt 1—3%ige neutrale, schwach saure oder schwach alkalische Lösungen genommen werden. Diese Lösungen können sein: 1. solche von Salzen der Leichtmetalle (Metalle, deren Oxyde schwerer sind als die Elemente) und des Ammoniums, aus denen am positiven Pol keine Zersetzungsproducte abgeschieden werden, welche die Superoxydbildung stören oder verhindern (einige organische Salze, die Sulfide, Sulfite und Nitrite); 2. solche von ähnlichen Doppelsalzen oder Salzgemischen; 3. solche von ähnlichen Salzen der Schwermetalle (Metalle, deren Oxyde leichter sind als die Elemente), ihrer Doppelsalze oder Salzgemische unter einander oder mit den Leichtmetallen und dem Ammonium, deren Metalle ausserdem am negativen Pol überhaupt nicht oder wenigstens nicht bei Zusatz von etwas freier Säure abgeschieden werden. Hauptsächlich kommen Lösungen von Sulfaten (z. B. Glaubersalz und Bittersalz), Boraten, Phosphaten und schwach alkalisch gemachten Chloriden (z. B. Kochsalz) in Betracht. Sie sind billig und werden nur äusserst langsam aufgebraucht. Die Superoxydschicht haftet sehr fest am Bleikern der Platte und kann drei- bis fünfmal so viel Strom aufnehmen wie die nach anderen Verfahren hergestellte.

Als Anoden und Kathoden einzeln einer Platinplatte gegenüber formirt Rankine Kenedy¹⁾ die Bleiplatten.

Poröse Platten erhält Carlin²⁾ dadurch, dass er sie aus einer Legirung von Blei mit 45—55% Kupfer

¹⁾ Lum. él. 1890, 558. — ²⁾ F. P. 182051.

und 5—6% Schwefel herstellt und dann das Kupfer auslaugt. Crompton, Fitz-Gerald, Biggs und Beaumont¹⁾ (vgl. a. S. 205) giessen Platten aus Blei unter Zusatz von Zink, Antimon oder Wismuth und lösen die fremden Metalle dann durch den Strom heraus oder überziehen eine Platte galvanisch mit Blei und Kupfer und entfernen letzteres. Monnier behandelt die aus einer Blei-Zink-Legierung hergestellten Platten mit Soda-lösung und verdünnter Schwefelsäure und macht sie dadurch porös. Ein Akkumulator vom Bruttogewichte 29 kg, dessen Platten 19 kg wiegen, soll eine Capacität von 144 A.-St. und einen Entladestrom von 23 A. besitzen. Michel²⁾ granuliert eine Legierung aus 96% Blei und 4% Zink in Schwefelsäure, wäscht das Zinksulfat aus und formt aus dem Bleischwamm kleine Briquetts oder presst ihn unter 50 Atm. Druck in die Oeffnungen von Platten. Woodward³⁾ giesst Platten aus Blei unter Zusatz von Seesalz oder Zucker (?) und wäscht die letzteren Substanzen dann aus. Zur Herstellung poröser Platten, die gleichzeitig ein schnelles und vollständiges Durchformiren gestatten, presst Bandsept⁴⁾ pulverförmiges Blei unter gleichzeitiger Zuführung von Wasserstoff, beziehungsweise Sauerstoff unter sehr hohem Drucke zusammen. Watt verwendet dazu Bleistaub, den er erhält, indem er geschmolzenes Blei durch einen Strahl Dampf oder überhitzter Luft fein zerstäubt. Nach einem ähnlichen Verfahren saugt oder presst die Electriciteits-Maatschappij de Khotinsky⁵⁾ geschmolzenes Blei durch gespannten Dampf

¹⁾ D. P. 22816/1882. — ²⁾ A. P. 489315. — ³⁾ Lum. él. 1890, 558. —

⁴⁾ Jahr. Elektr. 1890, 28. — ⁵⁾ D. P. 70348.

oder gepresste Gase durch eine Düse und zerstäubt es beim Austritt. Das Metall oder das Gas oder beides wird dabei erhitzt. Liebenow¹⁾ hat gefunden, dass mit Bleistaub gefüllte Platten eine geringere Capacität als solche mit einem Gemenge von Bleistaub und Mennige oder Glätte besitzen. Am besten sind die nur mit einer Mischung von Mennige und Glätte bedeckten Platten.

Mit elektrolytisch gewonnenem, schwammförmigem Blei bedeckt Pfeifer massive Platten. Aehnlich verfährt Nézeraux (siehe später), während Kabath und auch Sellon und Volckmar als Grundplatten durchlöcherter nehmen. Edison²⁾ will (1882) das elektrolytisch erhaltene schwammförmige Blei mit Kalkpulver mischen oder dadurch eine grosse Oberfläche erzielen, dass er aus feinen Bleifäden Matten flicht. Keith³⁾ schlägt auf den positiven Platten krystallinisches, auf den negativen schwammförmiges Blei nieder und hält letzteres durch Säckchen fest. Der Elektrolyt ist eine neutrale oder alkalische Lösung eines Nitrats oder Acetats.

Nach Sutton geht die Superoxydbildung schneller und gleichmässiger vor sich, wenn man als Anoden amalgamirte Bleiplatten anwendet; die Localwirkung verschwindet völlig. Auch Nézeraux⁴⁾ bedeckt, um die positiven Träger gerade vor zu schneller Peroxydation zu schützen, die beiderseits geriffelten oder quadratisch getheilten Bleiplatten mit schwammförmigem Amalgam. Er formirt mit 1—2 A. pro Kilogramm Plattengewicht

¹⁾ Elektr. Zeitschr. (1893) 14, 635. — ²⁾ Lum. él. 1890, 425. — ³⁾ Centralbl. Elektr. 1883, 240. — ⁴⁾ Bull. intern. de l'él. 1891, 45.

und will eine Capacität von 18—20.000 Kg.-Metern pro Kilogramm Plattengewicht erreichen. Auch als Kathode nimmt er ¹⁾ eine amalgamirte Bleiplatte, aus der das Quecksilber dann wieder möglichst entfernt ist. Dagegen nimmt Kalischer ²⁾ als Kathode eine dauernd amalgamirte Bleiplatte. Dadurch soll die krystallinische Abscheidung des Bleies, die Kurzschluss veranlassen kann, vermieden werden. Durch Zufügen eines Quecksilbersalzes zum Elektrolyten wird die Amalgamation dauernd erhalten. Sellon ³⁾ amalgamirt sowohl das positive wie das negative, aus Bleilegirung hergestellte Gerüst. Lorrain ⁴⁾ presst amalgamirtes Bleipulver zu Platten. Micael und Malterre ⁵⁾ verwenden als Füllmasse ein Gemisch aus Bleiamalgam und einem porösen Körper.

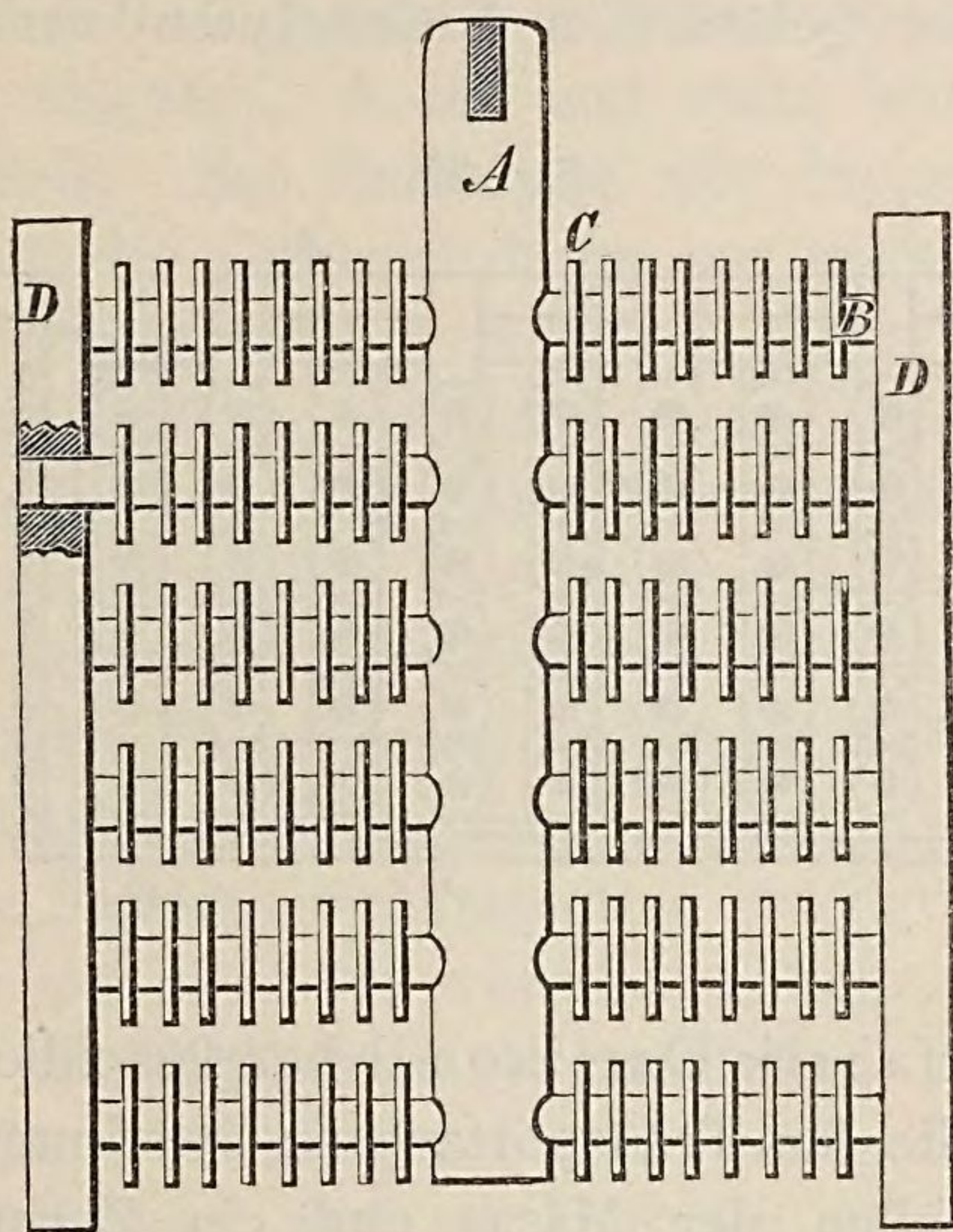
Tamine formirt seine vorher (siehe S. 210) beschriebenen Platten zunächst in verdünnter Schwefelsäure und entladet sie dann in einer Flüssigkeit, die er durch Zufügen einer Lösung von 50 Th. Ammoniumsulfat und 50 Th. Quecksilbersulfat zu 500 Th. 10%iger Schwefelsäure und Mischung mit 1000 Th. gesättigter Zinksulfatlösung erhält.

Schwammige Bleiplatten erzeugt Schoop ⁶⁾, indem er massive Platten in 5%ige Quecksilbersulfatlösung bringt und einen nicht zu starken Strom hindurchgehen lässt. Hat sich die Kathode amalgamirt, so wechselt man die Stromesrichtung. Das Quecksilber geht dabei an die frühere Anode, während die frühere

¹⁾ El. Rev. (1891) 28, 756. — ²⁾ D. P. 28868 u. 32221. — ³⁾ A. P. 454187; E. P. 3987/1881. — ⁴⁾ D. P. 23086. — ⁵⁾ F. P. 180723. — ⁶⁾ A. P. 434301; Elektr. Zeitschr. 1890, 473, 611.

Kathode davon frei wird. Sie ist dann schwammig geworden und nach dem Waschen zum Einbau in die Zelle fertig. Der in der Quecksilbersulfatlösung zurückgebliebenen amalgamirten Platte setzt man eine rein metallische als Kathode gegenüber, elektrolysiert und

Fig. 38.



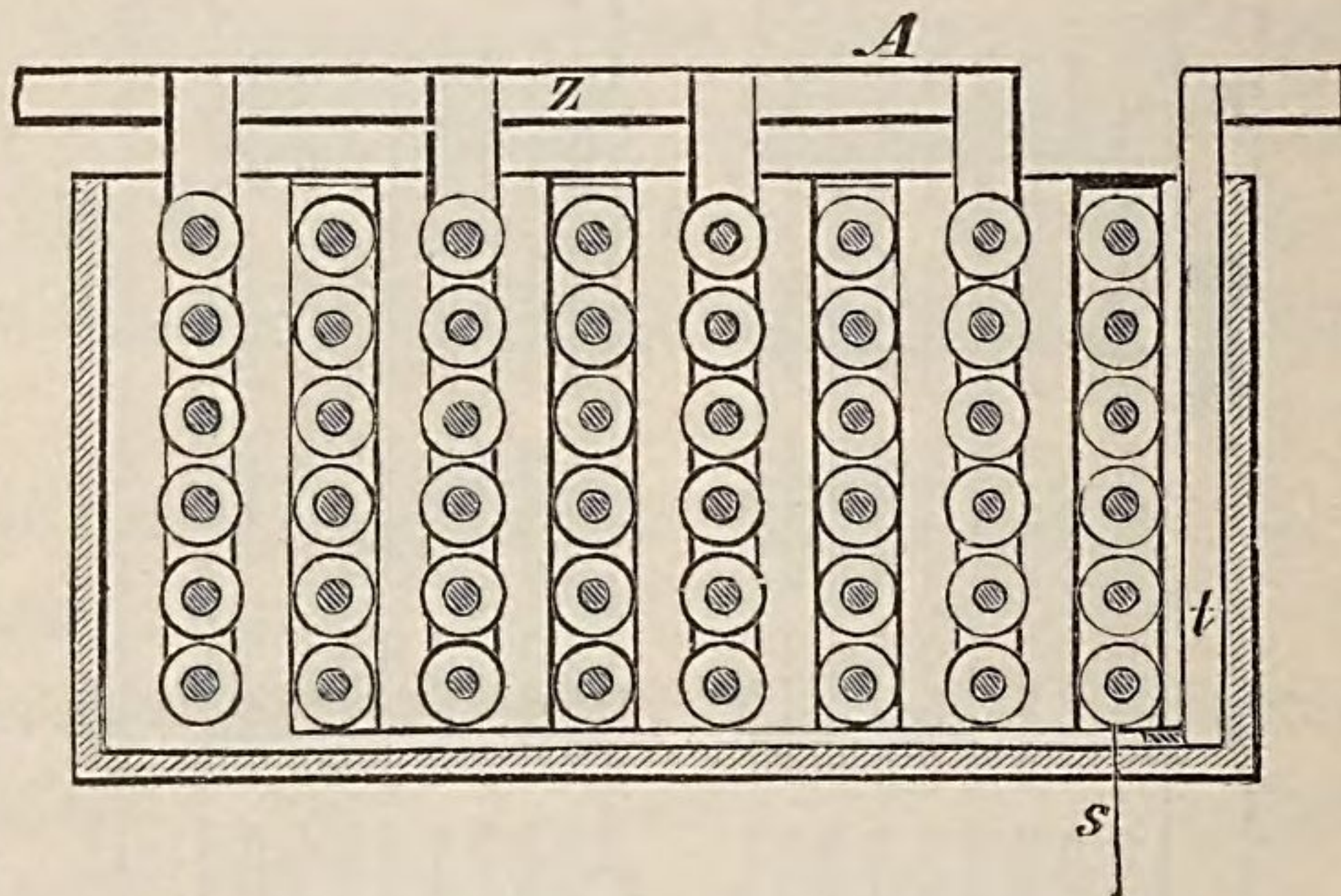
fährt so fort. Die positive Elektrode¹⁾ (siehe Fig. 38) besteht aus einem mittleren kräftigen, senkrecht gestellten Bleibalken *A*, der als Stromzuleiter dient und seitliche Arme *B* mit Scheiben *C* hat. Die Arme werden gehalten durch zwei seitliche nichtleitende Träger *D*. Bei der negativen Elektrode fehlt der mittlere Blei-

¹⁾ A. P. 434093.

balken. Dafür sind die seitlichen Träger leitend und ruhen in horizontalen Fussleisten s (siehe Fig. 39), die mit einem nach oben führenden Stromzuleiter t verbunden sind.

Als Elektrolyt dient Schwefelsäure vom specifischen Gewicht 1·25, die im Volumenverhältniss 2 : 1 mit Natronwasserglaslösung vom specifischen Gewicht 1·18 gemischt wird. Diesen gelatinösen Elektrolyten verwendet die

Fig. 39.



Maschinenfabrik Oerlikon ¹⁾ hauptsächlich für Akkumulatoren, die für Transportzwecke bestimmt sind und, da ein Abfallen der Masse und ein Zerbrechen der Platten auch bei sehr dünnen und porösen nicht eintreten soll, auch für Batterien für starke Belastung. Der Widerstand ist grösser als bei Zellen, die nur mit Schwefelsäure gefüllt sind; die Capacität nur $\frac{3}{4}$ — $\frac{9}{10}$ so gross. Von Manchen wird behauptet, dass der Nutzeffect nur 40% beträgt, dass der Ausgleich in der

¹⁾ Diese verwendet übrigens, nach Export-Ztg. f. Elektr. 1891, 689, keine Schoop'schen, sondern Gitterplatten.

Dichte der Säure ein schwieriger ist und dass, wenn sich die Canäle, die durch die entweichenden Gasblasen in der Gelatine gebildet werden, mit abfallendem activen Materiale füllen, leicht Kurzschluss eintritt.

Untersuchungen W. Kohlrausch's und Heim's¹⁾ ergaben für Zellen von 65 A.-St. Capacität (auf 1 kg Plattengewicht 8.65, auf 1 kg Gesamtgewicht 5.8 A.-St.) bei 9 A. Lade- und Entladestrom ein Güteverhältniss von 89% A.-St. und einen Nutzeffect von 76.7% Watt-St. Bei Entladung mit doppelter Stromstärke betrug das Güteverhältniss nur noch 55% A.-St. Wurden abwechselnd 5 Minuten lang 7 A. und 1 Minute lang 20 A. entnommen, so wurde die volle Capacität erhalten. Bei 4wöchigem Stehen gingen $\frac{2}{7}$ der Ladung verloren. Die Akkumulatoren vertragen sehr gut Entladungen mit Strömen von 50 A., solche bis zur völligen Erschöpfung und eine 14stündige verkehrte Ladung.

Poröses Blei für Sammlerplatten erzeugt Correns²⁾, indem er in ein Bad aus verdünnter Schwefelsäure als Anode eine aus Bleisalzen, Schwefelsäure und Gelatine gepresste Platte stellt, deren waffelförmige Vertiefungen Bleisulfat enthalten, und als Kathode mit Quecksilber bedeckte Kohle verwendet. Noch poröser wird das Blei, wenn man³⁾ zugleich in ihm andere Metalle elektrolytisch niederschlägt und dann durch den Strom wieder herauslöst, oder wenn man⁴⁾ dem Bade Quecksilbersalz zufügt oder als Anode Quecksilber oder Kohle oder Metalle, die mit Quecksilber bedeckt sind, nimmt.

¹⁾ Elektr. Zeitschr. 1890, 657. — ²⁾ Lum. él. (1892) 48, 76; D. P. 71421. —

³⁾ D. P. 71679. — ⁴⁾ D. P. 74905/1892.

Pollak¹⁾ reisst die Platten an der Oberfläche bürstenartig auf, bedeckt sie mit einer Paste aus Bleisulfat und Natriumchlorid und bringt sie in eine Zersetzungs- zelle. Durch Aufeinanderpressen zweier derartiger Platten wird die active Masse vor dem Herausfallen gänzlich bewahrt.

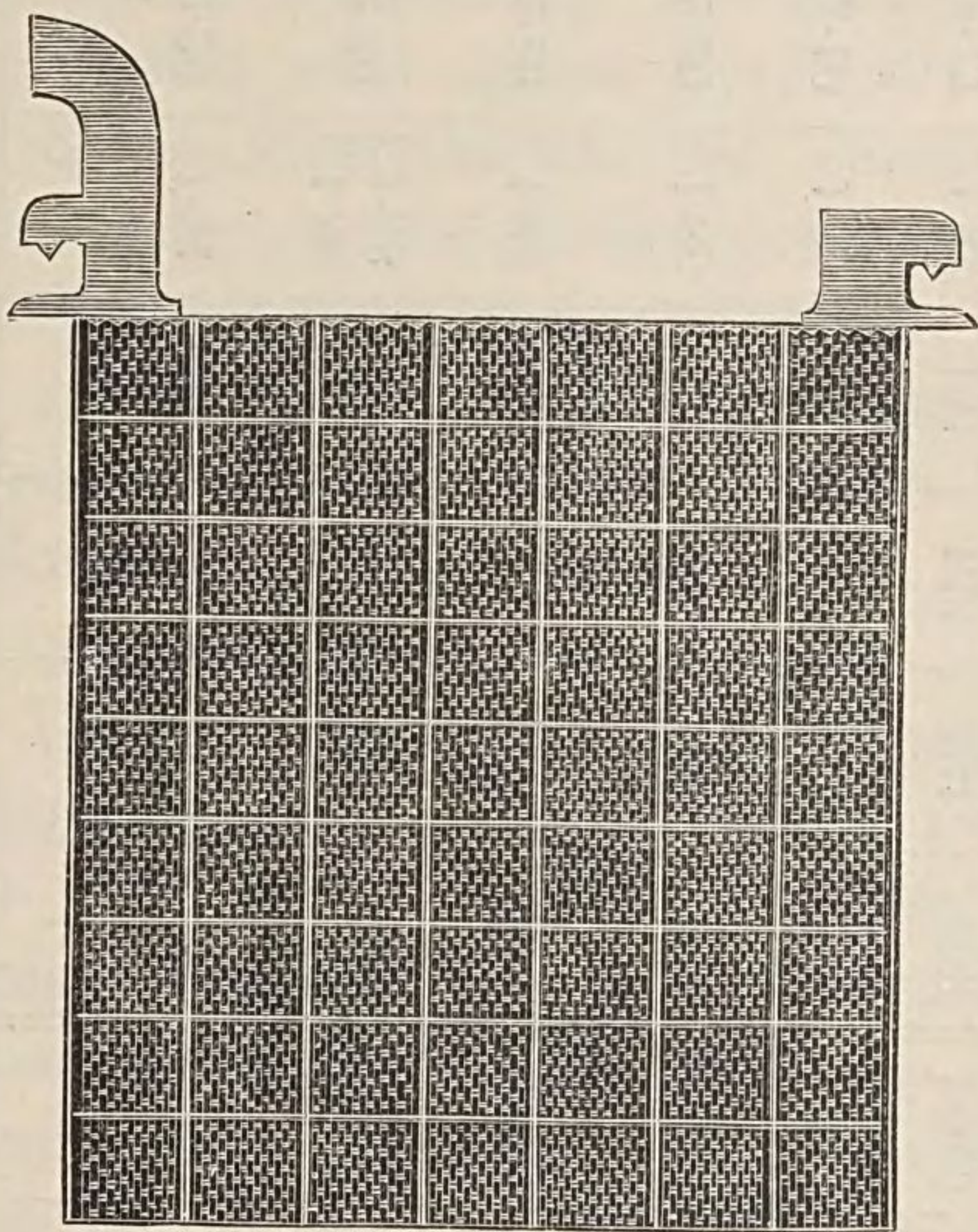
Jetzt erfolgt die Construction der Pollak'schen Akkumulatoren, die wachsende Anerkennung und Verbreitung finden, folgendermaassen:

Durch ein Walzwerk,²⁾ dessen Walzen aus massiven Stahlcylindern mit darauf festgeschraubten Stahlringen bestehen, in die Zähne von verschiedener Gestalt eingefräst sind, gehen Bänder aus Walzblei. Diese erscheinen nach dem Verlassen des Walzwerkes mit einer grossen Zahl von vorstehenden Zäpfchen besetzt und von Längs- und Querrippen durchzogen. Durch diese Behandlung wird hohe Festigkeit, beträchtliche Vergrösserung der Oberfläche, gleichmässige Stromvertheilung und gleichzeitig Ersparniss an Material erzielt. Die gewalzten Bleibänder werden in einzelne Platten von passender Grösse zerschnitten, durch Ligroin von Oel befreit und mit Fahnen versehen (siehe Fig. 40). Auf den Platten wird nun poröses metallisches Blei comprimirt, das durch Elektrolyse einer alkalischen Bleicarbonatlösung³⁾ hergestellt ist. Schliesslich wird wie gewöhnlich in verdünnter Schwefelsäure formirt, nöthigenfalls unter Wechsel der Stromesrichtung. Die erste Ladung erfordert nur 24—30 Stunden.

¹⁾ E. P. 7428/1889; Elektr. Zeitschr. (1890) 11, 63, 240, 537; (1891) 12, 491.
— ²⁾ D. P. 49636. — ³⁾ D. P. 73548/1892.

Die Platten vereinigen die Vorzüge der mit massiven Trägern versehenen und der Masseplatten, nämlich Festigkeit, Haltbarkeit und gute Leitfähigkeit mit grossem Aufspeicherungsvermögen, auf die Gewichtseinheit der Platten bezogen. Die poröse Materie haftet sehr

Fig. 40.



gut. Wegen ihrer grossen Oberfläche findet nur eine sehr allmähliche Peroxydation des massiven Kernes der Anoden statt. Weil die poröse Masse ein zusammenhängendes Ganzes bildet, vertragen die Platten sogar starke Biegungen. Masse und Grundplatte gehen allmählich in einander über. An den Grenzflächen kann also keine Sulfatbildung eintreten, so dass die Capacität

Ver- suchs- Nr.	Stromstärke in Ampère		Mittlere Span- nung in Volt		C a p a c i t ä t				Güte- verhältniss		B e m e r k u n g e n
	Ladung	Entlad.	Ladung	Entlad.	in Amp.-Std.		in Watt-Std.		in Ampère- Std.	in Watt- Std.	
1—6 im Mittel	20	20	2.20	1.94	115.2	119.1	253.3	231	1.032	0.913	Normale Beanspruchung.
7	20	{ 114.90 20	2.20	{ 1.80 1.88	121	{ 80.5 33.2	266	{ 145 62	—	—	
8—9 im Mittel	20	20	2.20	1.94	118	130	259	253	1.100	0.973	Normal.
10	20	20	2.20	1.86	121	106	226	206	0.875	0.91	Entladung nach 9 Tagen.
11	4	20	2.10	1.89	130	126	272	244	0.97	0.90	Ladung mit Schwachstrom.
12	20	20	2.17	1.87	131	133	284	258	1.015	0.91	Nach 22 tägigem Betriebe.
13	24.2	22.4	2.20	1.92	163.5	167	361	321	—	0.89	Nach 15 monatl. Betriebe.
14	23.9	22.6	2.21	1.92	161	166	356	318	—	0.894	

nicht abnimmt, sondern sich vielmehr durch Peroxydation des Kernes erhöht.

Bei der Montage¹⁾ werden die Platten mit zwei seitlichen Ansätzen frei beweglich auf zwei Glasröhren aufgehängt, die in Bleirinnen auf dem Gefässboden aufstehen, so dass sie sich ungehindert ausdehnen können. Zwei weitere seitliche, biegsame Nasen geben den Platten Führung an den Gefässwänden. Die gleichmässige Entfernung der Platten wird ausser durch die Tragröhren durch Isolirröhren innegehalten, die ebenfalls in Bleirinnen stehen und von Bleistreifen gehalten werden, die an die Platten angelöthet sind. Das Ganze wird durch Federn aus Hartblei fest zusammengepresst. Die Stromzuführungsleisten werden an die Fahnen der Platten mit einem Loth aus 75 Th. Blei, 5 Th. Antimon und 20 Th. Quecksilber angelöthet.

Mit der Type S 5, deren Gewicht 24 kg beträgt, erzielte die Elektrotechnische Versuchsstation München 1893--1895 die auf S. 226 angegebenen Resultate.

Schwammplatten werden auch sonst vielfach aus Bleiverbindungen hergestellt. De Changy reducirt ein Gemenge von Blei-, Mangan- und Baryumsuperoxyd elektrolytisch und presst den Bleischwamm in S-förmige Platten, zwischen die Filzscheiben kommen, oder bringt ihn in ein Gefäss mit Diaphragma und leitet den Strom durch Kohlenplatten zu.

Brush²⁾, dessen Akkumulatoren besonders in den Vereinigten Staaten von Amerika sehr verbreitet sind, bedeckt chemisch gereinigte gewellte Bleiplatten oder Roste mit pulver- oder breiförmigem Bleisulfat und redu-

¹⁾ D. P. 67290. — ²⁾ A. P. 445422; Elektr. Zeitschr. 1891, 131.

cirt dies durch Verbindung mit einer Zinkplatte in Wasser, das Ammoniak, Natriumchlorid oder ein anderes Salz enthält. So werden beide Seiten präparirt. Dann wäscht man das gebildete Zinksulfat aus. Wegen der grossen Wasserstoffaufnahme sind diese Platten wenig dauerhaft. Es empfiehlt sich daher, zunächst alle als Anoden zu verwenden und dann das Superoxyd in den Platten, die negativ werden sollen, wieder zu reduciren. Man kann auch direct eine blanke Bleiplatte durch Gegenüberstellung einer Zinkplatte in einer Bleinitrat- oder Bleiacetatlösung mit schwammförmigem Blei bedecken. Geschieht dies langsam, so haftet die Masse gut, so dass das Festhalten durch Zwischenwände von Filz oder Asbest unnöthig wird. Der Arbeitsverlust wird zu nur 15—20% angegeben. Die älteren Zellen ergaben der Prüfungscommission der Philadelphia-Ausstellung¹⁾ einen Nutzeffect von 69·5%. Die neueren nach Faure'scher Art untersuchte Higgins²⁾. 15 hinter einander geschaltete Zellen mit je einer positiven und zwei negativen Elektroden und 12·7 kg Plattengewicht zeigten bei 4·2stündiger Entladung mit 10·07 A. und im Mittel 23·6 V. einen Spannungsabfall von 21·2%. Die Capacität betrug nur 3 A.-St. Pfeifer³⁾ bringt in gelochten Zinkrahmen ein Netz aus Bleidrähten an, die an einer Seite über den Rahmen hinausragen, trägt Bleisulfat auf, bedeckt beiderseits mit Zink- oder Eisenplatten und bringt das Ganze in Natriumchloridlösung. Da der Zinkrahmen gelöst wird, bleibt schliesslich nur noch schwammförmiges Blei übrig, das dann zu Platten gepresst wird.

¹⁾ Elektr. Zeitschr. 1885, 352. — ²⁾ Technol. Quaterly 1887, I, 107. —

³⁾ D. P. 30052/1884.

Auch Bleichlorid kann statt des Sulfats benutzt werden. Dasselbe hat Andreoli¹⁾ vorgeschlagen.

Crompton und Fitz-Gerald²⁾ tragen in die Höhlungen einer Bleiplatte ein Gemenge von fein vertheiltem Blei und Kreide oder Mangansuperoxyd ein und lösen die letzteren Substanzen dann durch Säure wieder heraus.

Sehr poröse und beständige Platten erzeugt Reckenzaun³⁾ durch Formirung mit dem Lichtbogen oder weniger gut durch Funken, indem er ersteren bei 40 V. und 2 A., zur Erhöhung der Wirkung eventuell in einer Sauerstoffatmosphäre, von einem Leiter zur Platte überspringen lässt. Je nachdem diese den positiven oder negativen Pol bildet, erhält man bei gleich gerichtetem Strom eine braune oder hellgelbe poröse Schicht.

Bei Reynier⁴⁾ sind die Zellen Beutel aus Leinwand, die mit Kautschuk getränkt ist. Sie nehmen die aus filzartigem Blei bestehenden, durch Kieselerde getrennten Platten in sich auf. Eine Batterie aus 16 solcher elastischen Zellen, die durch Kautschukbänder zusammengehalten auf ein Holzbrett mit Griff gestellt werden, um sie leicht transportabel zu machen, hat bei 40 cm Länge, 30 cm Breite und 30 cm Höhe ein Gewicht von 50 kg, kann einen Entladestrom von 3—6 A. liefern und hat eine Capacität von 30 A.-St. und eine nutzbare Energie von 740 Watt-St.

¹⁾ E. P. 8842 u. 12595/1886. — ²⁾ Bull. intern. de l'électr. 1890, 202. — ³⁾ D. P. 75085; Lum. électr. 1890, 485. — ⁴⁾ D. P. 50854/1889.

B. Akkumulatoren mit Elektroden aus Bleiverbindungen vor der Formation.

Die Elektroden können 1. aus Oxyden des Bleies, 2. aus anderen Bleiverbindungen bestehen. Diese Bleiverbindungen können entweder auf Träger aufgetragen, in besondere Behälter gefüllt sein, oder direct zu Platten geformt werden, oder sich endlich im Elektrolyten befinden. Die Träger können ebene massive Platten, andere massive Gebilde oder Gitter sein.

1. Akkumulatoren mit Bleioxyden als wirksamer Masse.

a) Gepastete massive Platten.

Wie schon in der Einleitung erwähnt wurde, gelang es Camille Alfons Faure¹⁾, die Formation dadurch bedeutend abzukürzen, dass er die Bleiplatten von vornherein mit einer die Superoxydbildung befördernden Schicht überzog. Diese Schicht kann aus einem Oxyde, dem Superoxyde oder einem im Elektrolyten unlöslichen Salze des Bleies, beziehungsweise aus einem oder mehreren Salzen anderer Metalle, wie z. B. Silber, Man-

¹⁾ D. P. 19026/1881.

gan und Nickel, bestehen und durch Pinselanstrich oder auf galvanoplastischem oder chemischem Wege aufgetragen werden. Um Porosität zu erzielen, kann der activen Masse eine Substanz, die durch den Strom nicht verändert wird, z. B. Koks, beigemischt werden. Aufgetragen werden die Verbindungen auf Bleiplatten, oder auf zu Seilen gedrehten oder zu Geweben verflochtenen Bleidrähten, unter Umständen auch auf andere leitende Stoffe, die beim Laden nicht schädlich wirken, wie Kupfer, Koks oder Kohle. Poröse Scheidewände, z. B. aus Filz, Tuch, Asbest, Pergament, halten die active Masse in sicherem Abstände von einander und in fester Berührung mit den Platten. Als Elektrolyt kann statt verdünnter Schwefelsäure die Lösung eines Alkali-, Erdalkali- oder anderen Metallsalzes verwendet werden, dessen Basis mit den Bleioxyden ein unlösliches Salz bildet oder dessen basisches Oxyd selbst sehr wenig löslich ist. N o l f schlägt als Elektrolyt Kaliumcarbonat- oder Natriumcarbonatlösung vor.

Das Bestreben einer grossen Zahl der späteren Erfinder war darauf gerichtet, das Abfallen der Masse wirksamer als beim Faure-Akkumulator zu verhindern.

Reynier¹⁾, Chatiliez²⁾ und Cuthbert-Currie³⁾ wollen dieses Ziel, ähnlich wie Faure, noch dadurch erreichen, dass sie zwischen die Platten dicht anliegende feste, aber poröse Scheidewände einschieben. Ob diese nicht mehr schädlich wie nützlich wirken, ist fraglich. Der letztere Erfinder steckt ausserdem die Platten in getheilte und abnehmbare feste Rahmen und presst

¹⁾ F. P. 181698. — ²⁾ Electr. Eng. N.-Y. (1890) 10, 83. — ³⁾ Lum. él. 1890, Nr. 52.

diese fest an die Zellenwandung. Er verspricht sich von seiner Construction, dass die negativen Platten an der Ausdehnung gehindert und zugleich durch den Druck compact werden.

In die Platten will A. J. Smith¹⁾ darüber gebreitetes Mennigepulver durch Nadeln allmählich hineinstossen. Diese Platten sollen keiner Formirung bedürfen. (?) Vor jedem Nadelaufschlag²⁾ wird die Platte mit einer neuen Schicht von mit Wasser angerührtem Bleioxyd versehen.

Das Herausfallen der activen Masse wollen P u m p e l l y und S o r l e y³⁾ dadurch hindern, dass sie zwischen die $9\frac{1}{2}$ mm starken massiven Platten poröse und absorbirende Stoffe bringen und dann fest zusammendrücken. Eine Zelle von $15 \times 15 \times 16.5$ cm hat eine Capacität von 177 A.-St. Sie kann mit 23 A., maximal mit 75—85 A. entladen werden.

Vollständig von activer Masse umgeben ist ein als Kern dienendes dünnes Metallblech bei den Platten Mc. Laughlin's⁴⁾. Garassino⁵⁾ will Mennige und Bleiglätte in die Oeffnungen eines Rahmens, der die Bleiplatte bedeckt, einfüllen. Anderson⁶⁾ hält die Füllmasse zwischen zwei Platten fest. Platten mit Flanschen am Boden und an den Seiten verwendet Dey⁷⁾, füllt mit activer Masse und legt eine Bleiplatte mit Gummipackung zwischen den Rändern darauf. Es kann auch zwischen die positive Platte einer Zelle und die

¹⁾ E. P. 14658/1892; A. P. 519482/1894. — ²⁾ E. P. 6975/1894 für Smith und Wright. — ³⁾ West. El. (1893) 12, 167, 183. — ⁴⁾ A. P. 424809, 425819, 427785. — ⁵⁾ Elektr. Zeitschr. (1890) 11, 63. — ⁶⁾ A. P. 454818. — ⁷⁾ A. P. 473146 u. 473147/1890.

negative der nächsten eine mit Flanschen versehene metallene Trennwand geschoben werden.

Die Platten, zwischen welche die Füllmasse gepackt wird, durchlöchert J. Sc. Sellon¹⁾ und versieht sie mit ebenen, zickzackförmigen oder schwalbenschwanzartigen Wänden. Den Zwischenraum zwischen zwei durchlöcherten Platten zerlegt Rosenbaum²⁾ durch ein Metallgitter in zahlreiche kleine Abtheilungen und bringt in jede eine Pastille aus activer Masse.

In Höhlungen der positiven Platte schmiert Pilleux Bleioxyd, in solche der negativen Bleisulfat ein. Giovanni³⁾ schlägt in den Höhlungen die Füllmasse elektrolitisch nieder. Mit sechsseitigen Vertiefungen oder mit Rinnen versieht J. W. Swan⁴⁾ die Bleiplatten. Mehren⁵⁾ presst die Platten so, dass Vertiefungen auf der einen, Erhöhungen auf der anderen Seite entsprechen, und erzielt dadurch grosse Steifigkeit. Aehnlich verfährt Gibson⁶⁾. In der Platte Hofman's⁷⁾ gehen die Vertiefungen von beiden Seiten nach unten geneigt nach der Mitte zu. Schulze kann auf seine waffelartig gepresste 20×10 cm grosse Platte 1 kg Mennige auftragen. Wabenartige Vertiefungen erzeugt Lloyd⁸⁾ in den Platten durch alkalische Flüssigkeiten, dann darin durch saure active Masse.

A. Brandenburger⁹⁾ versieht die Platte durch Pressen oder Stanzen auf beiden Seiten abwechselnd mit Haken. A. Müller¹⁰⁾ bringt gegen einander ver-

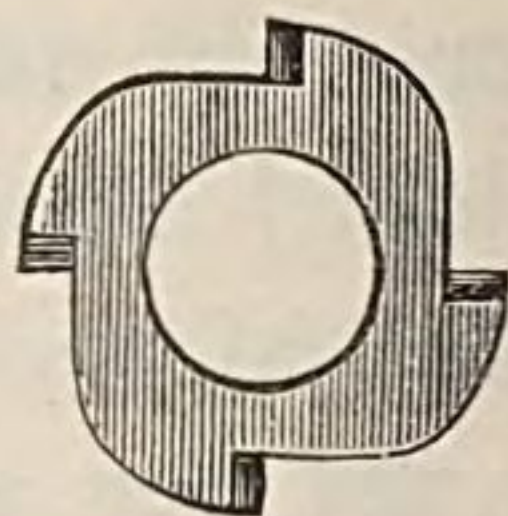
¹⁾ E. P. 3926/1881. — ²⁾ A. P. 460599. — ³⁾ E. P. 1629/1890. — ⁴⁾ E. P. 2272/1881. — ⁵⁾ A. P. 419862/1889. — ⁶⁾ Lum. él. (1890) 36, 235. — ⁷⁾ Lum. él. (1893) 49, 379. — ⁸⁾ A. P. 491684. — ⁹⁾ D. P. 70431. — ¹⁰⁾ Lum. él. (1892) 50, 129.

schränkte Reihen von Zähnen an. Süssmann¹⁾ biegt drei- oder viereckige Lappen, die durch Meissel aus der massiven Platte herausgestossen werden, nach entgegengesetzten Seiten aus der Platte heraus und hält durch sie die active Masse fest. Diese besteht aus einer Mischung wirksamer Substanz mit Bimssteinpulver, die mit Kautschuk- oder Guttaperchalösung angerührt ist. Abgestumpfte Bleikegel setzt Barbier²⁾ mit der kleineren Grundfläche auf die Platte auf.

Fig. 41.



Fig. 42.



Samuel³⁾ wendet horizontal liegende, abwechselnd ebene und gewellte Bleiplatten an. Nibblet (The General Mining and Electric Lamp Co.⁴⁾ halten auf gewellten Platten die Masse durch ein Netz aus Blei oder aus Blei und Asbest fest. Die Bleiwellblech als Träger aufweisende Platte umgiebt Payen⁵⁾ mit durchlöcherten Ebonit- oder Gummihüllen. Nach Art der Fig. 41 und 42 verbogene Bleischeiben schiebt Starkey⁶⁾ auf einen Bleidorn auf. Zwischen je zwei solcher Scheiben kann auch eine ebene kommen. Die Zwischenräume werden mit activem Materiale gefüllt.

¹⁾ E. P. 6780/1893. — ²⁾ F. P. 181606. — ³⁾ A. P. 556027/1896. — ⁴⁾ E. P. 17758/1891. — ⁵⁾ A. P. 540185/1895. — ⁶⁾ E. P. 7315/1895.

Mit **V**- oder **U**-förmigen Canälen, in die mit Glaswolle vermischte Füllmasse gebracht wird, versehen Douglass und Smith¹⁾ ihre gewalzten Platten. Ebenfalls mit Canälen durchzieht Mc. Leod²⁾ seine porösen,

Fig. 43.

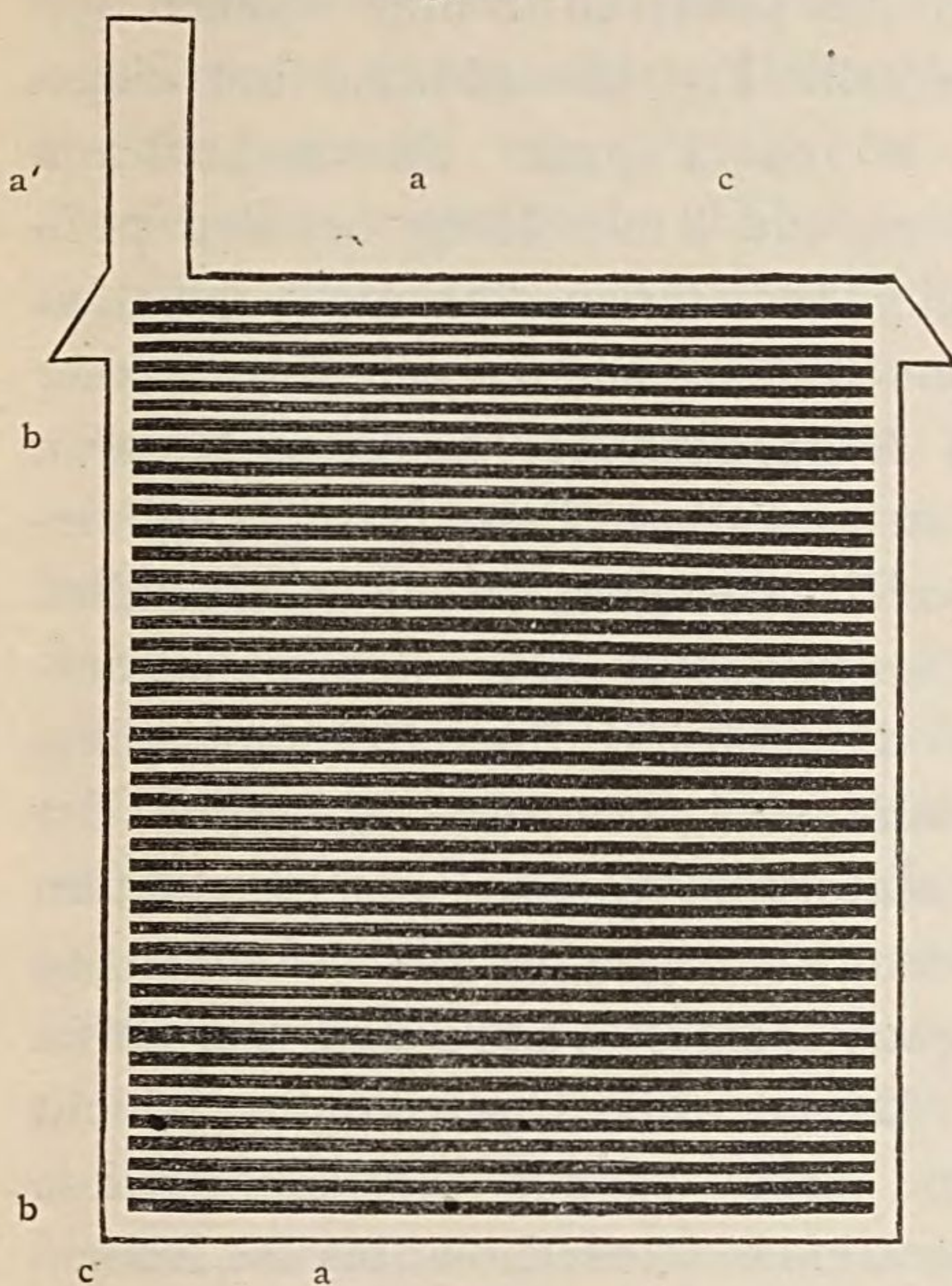


Fig. 44.

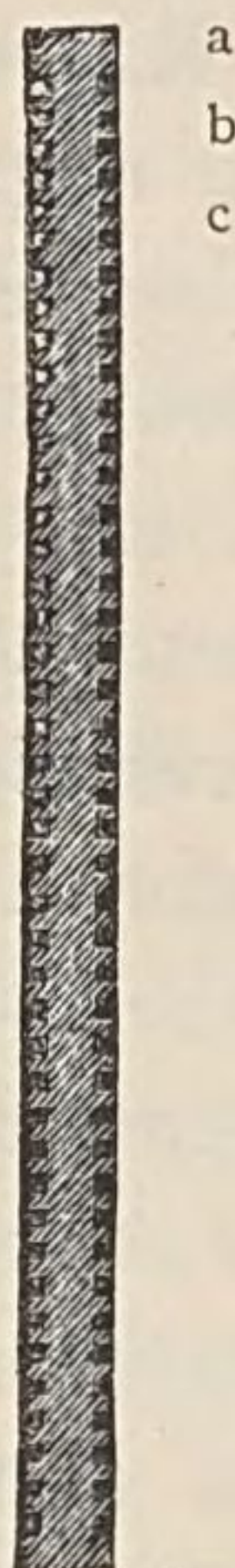
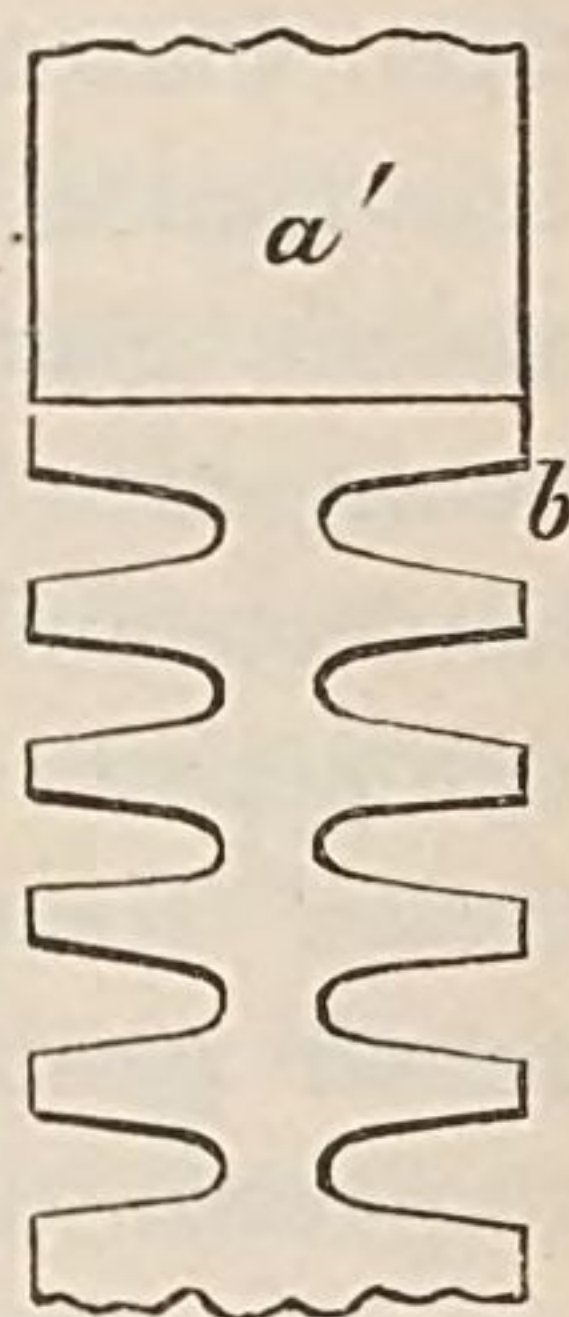


Fig. 45.



mit activer Substanz bedeckten Platten, Lloyd³⁾ die Platten, welche die Elektroden isoliren.

Die Masseträger macht Clamer⁴⁾ dadurch porös, dass er sie aus einer Legirung von Blei mit Zink oder mit Zink und Aluminium herstellt und dann die beiden letzteren Metalle durch Säure herauslöst.

¹⁾ E. P. 2544/1889. — ²⁾ A. P. 491726/1890. — ³⁾ A. P. 490254. — ⁴⁾ E. P. 6975/1894 für Smith und Wright.

Viel grössere Verbreitung als alle genannten Akkumulatoren, vielleicht die grösste überhaupt in Deutschland, hat die Construction der Gebr. Tudor gefunden, die von der Akkumulatoren-Fabrik Actiengesellschaft, Hagen i. W., ausgeführt wird. Die negativen $1\frac{1}{2}$ mm starken und die positiven 3 mm starken gegossenen Bleiplatten *a* (siehe Fig. 43—45) sind mit vielen horizontalen Rippen *b* von $1\frac{1}{2}$ mm Abstand, 2 mm Höhe bei den negativen und 3 mm Höhe bei den positiven Platten versehen. Die Rippen, die nicht ganz bis zum Rande des Trägers gehen, sind an der Basis stärker als am Ende, um ein Ausdehnen der positiven Masse *c* nach einer Seite hin zu gestatten. Diese Gestaltung verhindert andererseits nicht das allmähliche Herausfallen der activen Masse. Dies bedeutet aber keinen wesentlichen Nachtheil, da die starken Platten dann selbst schon genügend formirt sind, um eine Abnahme der Capacität des Akkumulators zu verhindern. Die Platten werden nämlich vor dem Eintragen der Bleiverbindungen in die Rinnen erst nach dem Planté'schen Verfahren einige Zeit formirt. Dann wird eine dünne Schicht Mennige eingetragen, diese oxydirt, beziehungsweise reducirt und diese Operationen wiederholt, bis die Rinnen ganz mit activer Masse angefüllt sind. Beim Gebrauch selbst schreitet dann die Formirung der massiven Platten noch fort.

Durch diese Vereinigung des Planté'schen mit dem Faure'schen Verfahren erhält man sehr dauerhafte und leistungsfähige Platten, die namentlich schnelle Entladungen und Unregelmässigkeiten im Betriebe aushalten können, ohne darunter zu leiden. Die Platten

werden an Nasen (siehe Fig. 43), die sich auf der Schmalseite befinden, auf verticalen Glasscheiben aufgehängt, wie es jetzt auch häufig bei anderen Constructionen geschieht, und durch Glasstäbe, die in der Mitte und an den Enden zwischen je zwei Platten gesteckt werden, von einander isolirt. Wie bei allen anderen Trägern werden die gleichartigen Elektroden durch einen Bleistreifen, der an einen seitlichen längeren Ansatz der Platte, die sogenannte Fahne, angelöthet wird, mit einander verbunden. Als Kathoden werden seit etwa vier Jahren von der Akkumulatorenfabriks-Actiengesellschaft, Hagen i. W., Doppelgitter, die den Hagen'schen (siehe später) ähnlich sind, verwendet, da es sich gezeigt hat, dass bei den negativen Platten die Diffusion der Schwefelsäure durch das schwammförmige Blei keine gute ist und dieses in Folge der lebhaften Gasentwicklung gar zu wenig haftet. Die Capacität der negativen Platten ist demzufolge eine grössere als früher, so dass jetzt auch die positiven Platten mehr als früher, wo sie nur theilweise entladen wurden, beansprucht werden.¹⁾

Eine grössere Reihe von Versuchen mit zwei alten Zellen, die einer 6 Jahre lang ohne Erneuerung im Betriebe gewesenen Batterie entstammten, hat W. Kohlrausch angestellt. Jede Zelle bestand aus 4 positiven und 5 negativen Platten vom Gesamtgewicht 13.6 kg. Die wirksame Anodenoberfläche betrug 12 dcm². Bei normaler Ladung und Entladung mit 5, beziehungsweise 6.5 A. in 22stündigen Zwischenräumen wurden folgende Resultate erhalten:

¹⁾ Sch. II, 77.

L a d u n g			E n t l a d u n g		
Zeit Stunden	Spannung Volt	Aenderung der Span- nung %	Zeit Stunden	Spannung Volt	Aenderung der Span- nung %
—	2.048	—	—	1.922	—
0.50	2.095	+ 2.30	0.74	1.928	+ 0.31
1.02	2.088	+ 1.95	1.47	1.923	+ 0.05
2.03	2.085	+ 1.80	2.20	1.917	— 0.26
3.05	2.090	+ 2.05	2.94	1.912	— 0.52
5.08	2.107	+ 2.88	4.41	1.893	— 1.50
7.11	2.140	+ 4.48	5.88	1.855	— 3.50
9.14	2.267	+ 10.70	6.98	1.763	— 8.30
10.16	2.340	+ 14.20	7.35	1.680	— 12.60

	Ladung	Entladung
Stromstärke in Ampère	5.000	6.500
Spannung in Volt	2.150	1.880
Ampèrestunden	50.800	47.700
Wattstunden	109.000	90.000
Zeitdauer in Stunden	10.160	7.350
Specifisches Gewicht des Elektrolyten zu Ende der Ladung, beziehungs- weise Entladung.	1.147	1.115
Innerer Widerstand in Ohm	0.015	0.020
Stromstärke in Ampère per 1 m ² .	0.417	0.542

Die Capacität pro Kilogramm Plattengewicht für die Entladung beträgt 3.5 A.-St. und 6.6 Watt-St., der Wirkungsgrad 94% A.-St. und 82.4% Watt-St. Heim¹⁾ hat bei einer 2½ Jahre gebrauchten Batterie 44% Capacität

¹⁾ Elektr. Zeitschr. 1891, 295.

mehr als garantirt war gefunden. Aber nicht nur durch hohen Nutzeffect, sondern auch durch grosse Lebensdauer und Widerstandsfähigkeit gegen Unregelmässigkeiten im Betriebe zeichnen sich diese Akkumulatoren aus. Denn bei Entladungen mit 50 und 90 A. erfolgte keine Zerstörung der Platten. Nach einmaliger neuer normaler Ladung und Entladung wurde derselbe Nutzeffect wie vorher wieder erhalten. Dasselbe trat ein, wenn die Zellen vorher bis auf eine Spannung von 0·2 V. entladen worden waren. Dabei hatte die eine 74·9 A.-St. und 130·5 Watt-St., die andere 62·2 A.-St. und 112·9 Watt-St. geliefert.

Neuerdings ¹⁾ wird die Oberfläche der Platten dadurch vergrössert, dass sie durch Anbringung von Nuten in den Rippen zickzack- oder wellenförmig gestaltet wird. Es können auch derartig gestaltete Stäbe in gewissem Abstände angeordnet und an ihren Enden verbunden werden.

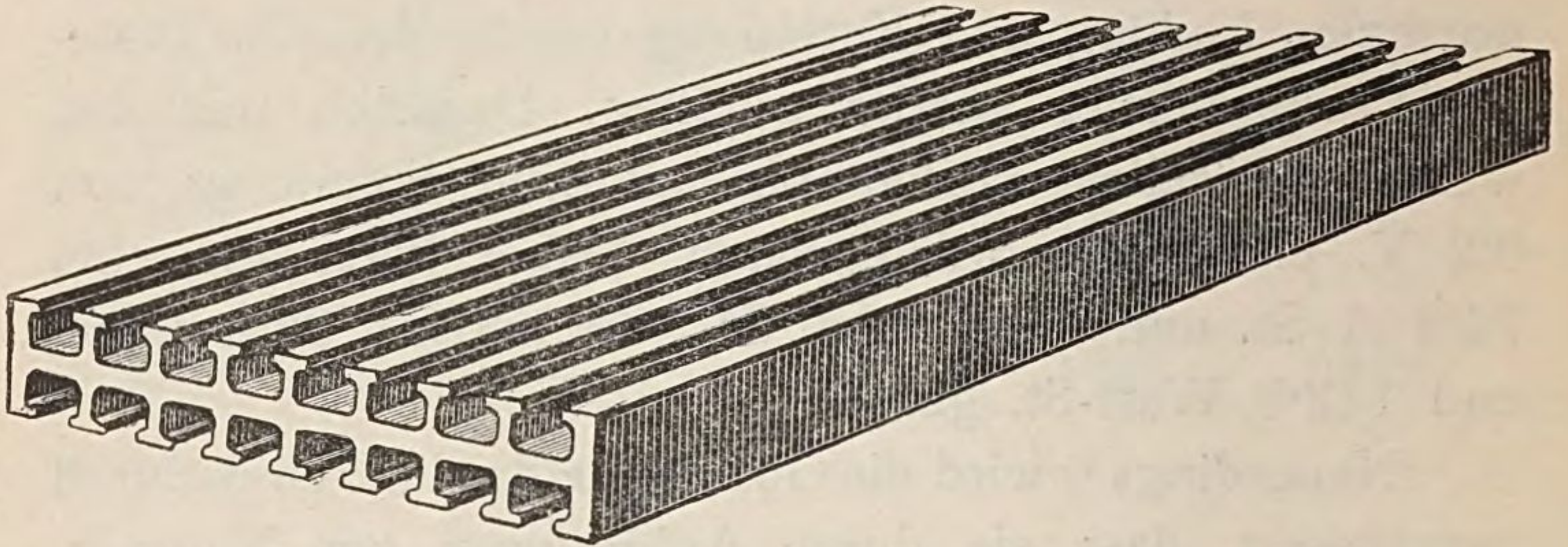
Ein geringes Eigengewicht besitzt die hohle Bleiplatte von Cheswright, die an der äusseren Oberfläche mit parallelen Rippen versehen ist und durch innere Querrippen, unter Umständen auch noch durch Ausgiessen mit Paraffin, Schwefel oder ähnlichen durch Säure unangreifbaren isolirenden Substanzen versteift wird.

Das Herausfallen der activen Masse vermeidet de Khotinsky ²⁾ dadurch, dass er den Rippen seitliche, etwas nach oben gebogene Ansätze giebt. Allerdings kann sich die positive Masse bei dieser Construction nicht so ungehindert ausdehnen, wie bei derjenigen der Gebrüder

¹⁾ D. P. 61656/1891. — ²⁾ D. P. 35396/1885.

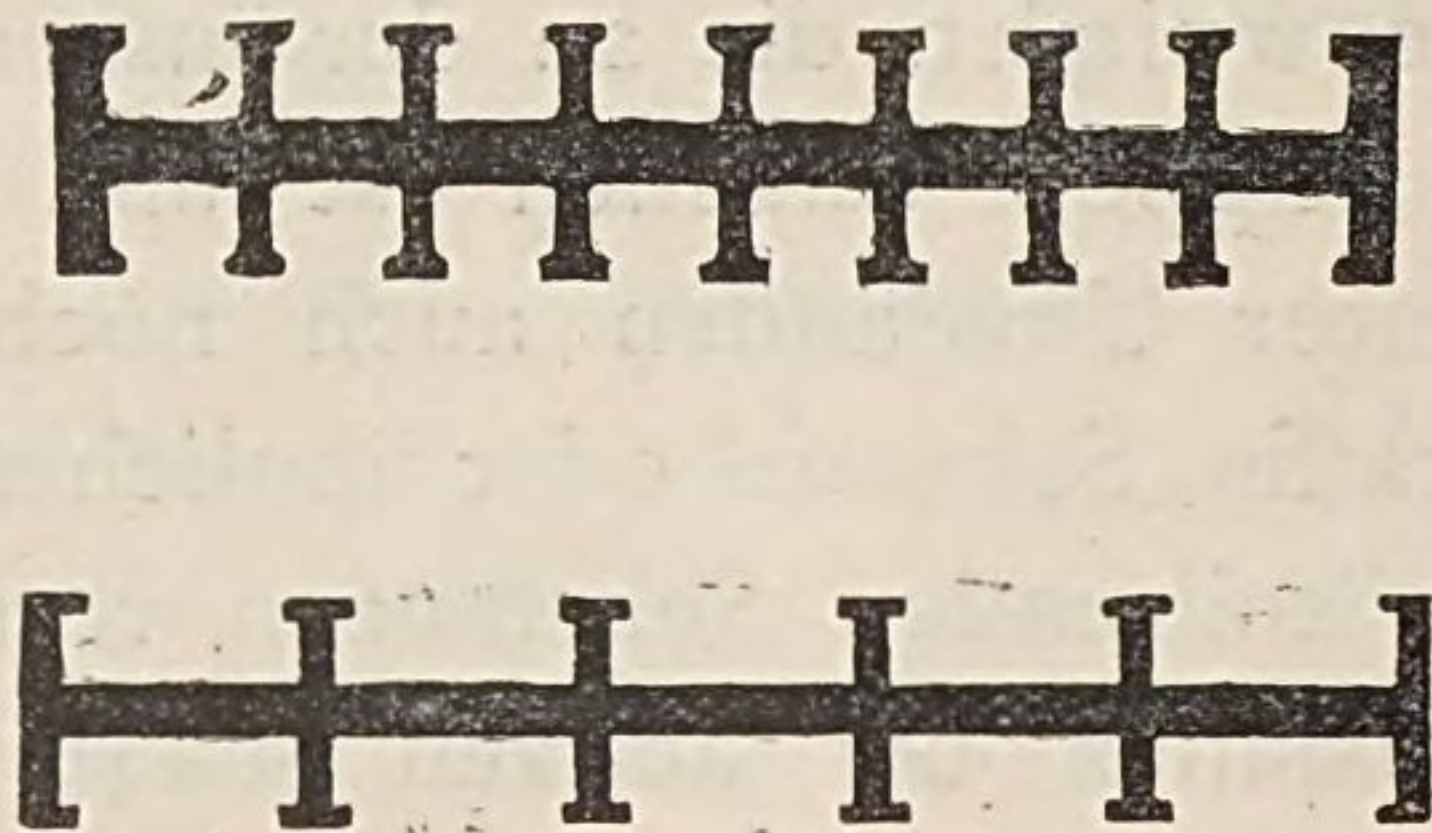
Tudor. Die Füllmasse muss also sehr porös sein. Deshalb verwendet die Elektrizitätsgesellschaft Gelnhausen, die Akkumulatoren mit diesen Trägern herstellt, dazu mechanisch aus Rohblei hergestellten Bleistaub¹⁾

Fig. 46.



mit neutralen Körpern poröser Structur. Für Platten, die rasch (in $3\frac{1}{2}$ Stunden) entladen werden sollen, macht man die Rippen (siehe Fig. 46, 47) nicht sehr hoch

Fig. 47.

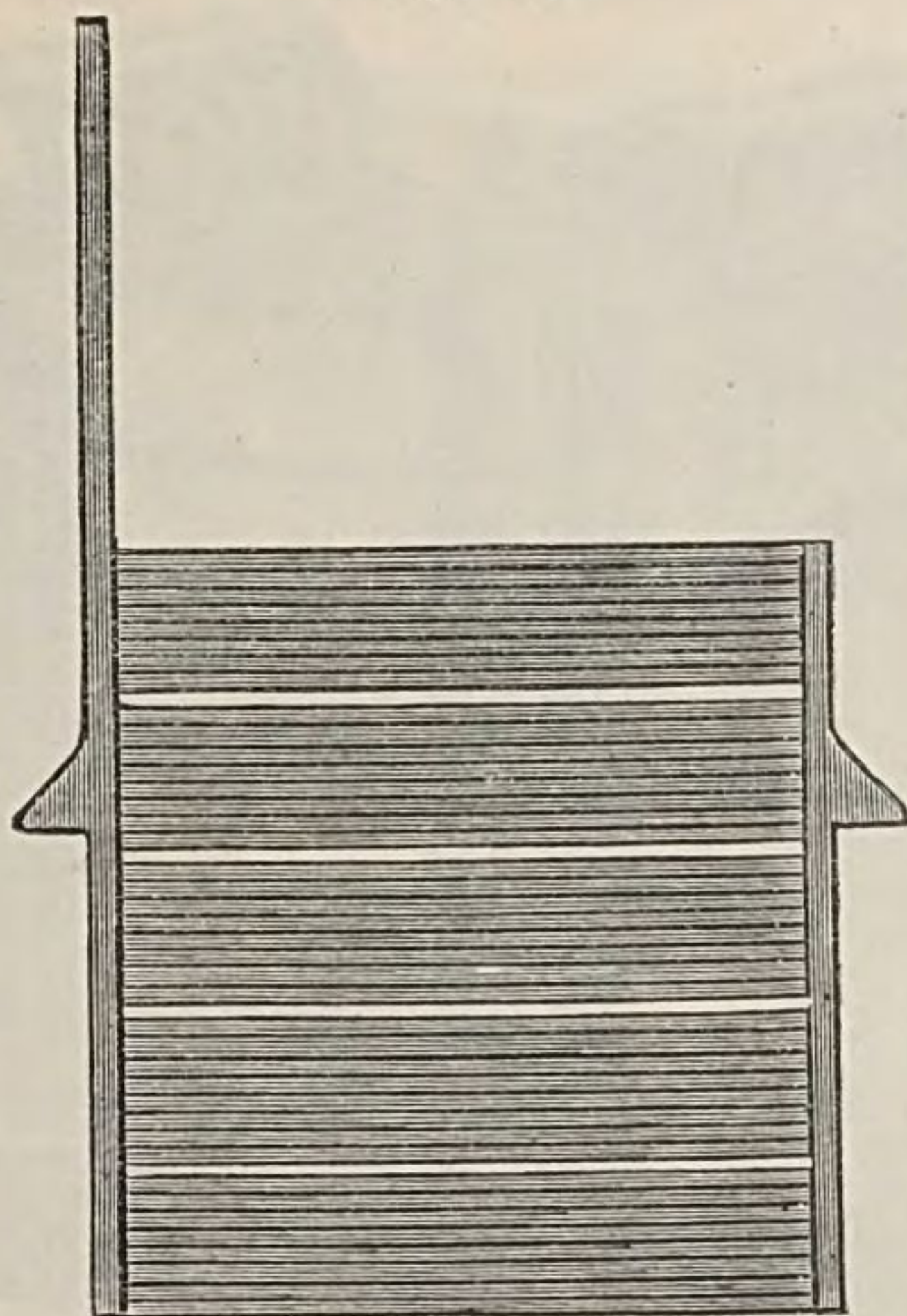


und versieht die etwas stärkeren Anoden mit mehr Rippen, als die schwächeren Kathoden. Dagegen werden für Platten, die langsam (in 8 Stunden) entladen werden sollen, die Rippen höher genommen und in gleicher

¹⁾ D. P. 70348.

Zahl auf den gleich starken Anoden und Kathoden angeordnet. In beiden Fällen sind die Rippen der positiven Träger stärker als die der negativen. Meist werden eine Anzahl der auf die beschriebene Art ausgebildeten Bänder, die durch hydraulischen Druck von 300 Atm. hergestellt werden, über einander an zwei seitlichen Blei-

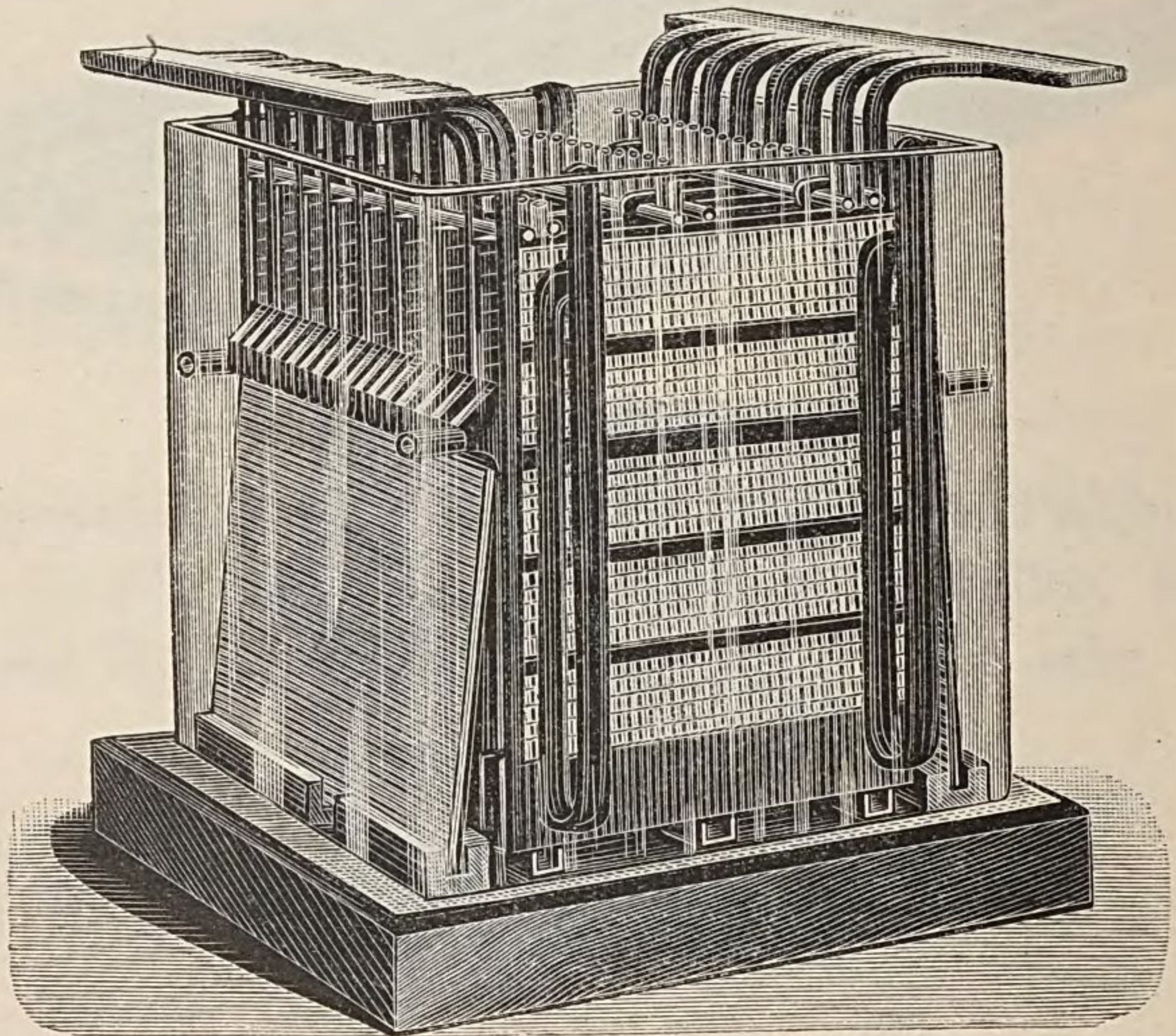
Fig. 48.



streifen angelöthet (siehe Fig. 48), sodass ein freier Raum zwischen den einzelnen Bändern bleibt, der ein Ausdehnen der Bänder beim Arbeiten der Akkumulatoren zulässt. Die Bleistreifen haben oben seitliche Nasen, an denen die grossen Platten auf schräg stehende Glasplatten (siehe Fig. 49) aufgehängt werden. Durch diese Art der Aufhängung sind Kurzschlüsse durch Abfallen activer Masse ausgeschlossen. Um Nebenschlüsse durch Schlammablagerung auf der Kante der Stützscheiben zu

vermeiden, sind die Nasen der positiven Platten von einem Schuh aus Hartgummi umgeben. Sollen die Zellen niedriger werden, so löthet man an die eine Seite einer kleinen Platte eine verticale Bleistange an, lagert daran, durch einen Kautschukring isolirt, das freie Ende einer zweiten kleinen Platte, deren anderes Ende die verticale

Fig. 49.



Bleistange erhält u. s. f. Bei langsamer Entladung soll eine Zelle, die bei 3stündiger dieselbe Capacität wie eine Tudorzelle hat, an Capacität die letztere um etwa 33% übertreffen. Die Akkumulatoren halten anormal starke Entladungen sehr gut aus.

Um das Ausspülen der positiven Khotinsky-Platten zu verhindern, bedeckt sie Reed¹⁾ beiderseits mit Fil-

¹⁾ A. P. 528647/1894.

trirpapier, Pergamentpapier, Asbest oder dergleichen und durchlöcherten dünnen Celluloidblättern, die durch ein spiralförmig umgewickeltes Gummiband festgehalten werden.

Rousseau¹⁾ schneidet die auf beiden Seiten der Platte angeordneten dreikantigen Rippen auf und biegt die Hälfte über die active Masse.

Ebenfalls sehr gegen Herausfallen gesichert ist die active Masse bei der Construction von Johnson und Holdrege²⁾. Die Bleiplatten werden nur auf einer Seite mit Rippen versehen und mit Bleiverbindungen bedeckt. Zwei Platten werden dann mit den Rippen gegen einander gestellt. Um dem Elektrolyten Zugang zur Füllmasse zu gestatten, perforirt man die Platten, steckt in die Löcher vor dem Auftragen der Paste konische Stahlstifte und entfernt diese wieder nach dem Auftragen. Aehnlich schliessen Gadot, sowie Ch. Kennedy und H. Gros-with³⁾ die active Masse ein.

Donaldson und Macrae⁴⁾ legen die beiden Plattenhälften so zusammen, dass sich das active Material nicht berührt. Da der Strom hauptsächlich auf die massive Bleihülle wirkt, ist diesen Platten eine grosse Haltbarkeit wohl kaum zuzusprechen.

Die Ausdehnung wollen Knöfler und Gebauer⁵⁾ dadurch bei allen Platten gleichmässig machen, dass sie auf ihnen in sich geschlossene Rinnen, z. B. concentrische Ringe anbringen. Die runden Platten werden unter Zwischenlage isolirender Rahmen zusammengepresst.

¹⁾ E. P. 13274/1893. — ²⁾ Lum. él. 1890, Nr. 52. — ³⁾ A. P. 441958, 441959; E. P. 16571/1890; D. P. 58280/1890. — ⁴⁾ A. P. 471538; Vgl. Elect. Eng. N.-Y. (1892) 13, 397. — ⁵⁾ D. P. 70279.

Beiderseits aus der Ebene der Platte heraustretende, durchlöchernte Hohlräume enthalten die Elektroden Weed's¹⁾.

Die Maschinenfabrik Oerlikon stellt durch Giessen stark rothglühenden Bleies in Metallform Platten her, auf die vierkantige abgestumpfte Pyramiden aufgesetzt sind. Die Träger zeigen eine gewisse Aehnlichkeit mit den Pollak'schen (vgl. S. 224).

Wenig als Träger zu empfehlen dürften die Bleischwammplatten sein, die de Calo vorschlägt. Das Abfallen der activen Masse soll durch übergenähte Säcken verhindert werden.

Red²⁾ bedeckt die gegenüberliegenden Flächen von Bleiblättern mit activer Masse und versieht diese mit Einschnitten.

Van Gestel³⁾ presst auf Kupferplatten horizontale Streifen aus Blei oder Bleilegirung auf, bringt die Bleiverbindungen dazwischen und biegt dann die Ränder der Streifen um. Auch Fitz-Gerald⁴⁾ verwendet für die Träger Kupfer. Füllmasse ist eine Mischung von Bleioxyd und Sulfat. Aus isolirendem säurebeständigem Materiale stellt The Primary Battery Comp. Lim.⁵⁾ den Träger her. Durch diesen ist der draht- oder streifenförmige Stromzuleiter hindurchgeflochten, sodass er in gutem Contact mit der activen Masse steht. Wird er aus oxydirbarem Materiale hergestellt, so ist er an den Stellen, wo er mit der activen Masse oder dem Elektrolyten in Berührung kommt, mit Gold oder Platin

¹⁾ A. P. 440210. — ²⁾ A. P. 504455. — ³⁾ D. P. 47163. — ⁴⁾ Lum. él. (1890) 38, 227. — ⁵⁾ D. P. 36907 u. 38657.

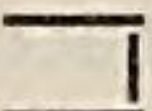
zu überziehen. King bekleidet die Vorsprünge der Platten mit isolirendem Material.

Das als Trägermaterial verwendete Blei will Shapleigh¹⁾ durch metallisches Natrium von Oxyd befreien. Worms²⁾ empfiehlt eine Legirung aus 965 Th. Blei, 22 Theilen Antimon und 13 Th. Quecksilber. Eine ganz ähnliche Composition aus 92% Blei, 3.5% Antimon und 4.5% Quecksilber hatte schon vorher Julien für seine Gitter verwendet. Oft lässt man auch das Quecksilber weg und gebraucht für diesen Zweck eine Legirung aus 96% Blei und 4% Antimon. James giebt den positiven Platten einen Zusatz von 1% Cadmium, den negativen einen von 2% Antimon. Nevins³⁾ schlägt vor, auf 30 Th. Blei 100 Th. Zinn zu nehmen, Heinz⁴⁾, dem Blei etwas Arsen beizumischen. Der Zusatz von 2% Kupfer, den Hochstetter⁵⁾ geben will, dürfte nicht zu empfehlen sein, da er jedenfalls Selbstentladungen der Platten veranlassen wird.

¹⁾ A. P. 438116. — ²⁾ Elektr. Zeitschr. 1891, 302. — ³⁾ Elektr. Zeitschr. 1890, 380. — ⁴⁾ F. P. 181196. — ⁵⁾ J. appl. électr. 1890, 189; Elektr. Anz. 1890, 1431.

b) Nicht ebene massive Gebilde als Träger.

Woolf¹⁾ wickelt die auf einer Seite mit aktivem Materiale bedeckte Bleiplatte zu einer Rolle auf, drückt diese etwas flach und bindet sie mit Kautschukstreifen zusammen.

Eckelt²⁾ füllt Spiralen aus **T**-, - oder **H**-förmigen Bleistreifen mit Bleiverbindungen aus und legt einen Bleiring herum, der an die Stromzuleitungsstangen angelöthet ist. Positive und negative Spiralen liegen abwechselnd in Eisencylindern, die mit Blei ausgegossen sind. Woolf³⁾ verwendet ein in einer Ebene zickzackförmig hin und her gebogenes Metallband. Blanchard ordnet Bleiblätter sternförmig an.

In muldenförmige Stege, die durch Einschnitte in die Bleiplatte und Herumbiegen des dadurch frei gelegten Streifens hergestellt werden, packt Gardner⁴⁾ eine Mischung aus 3 Th. eines Gemenges gleicher Theile pulverisirter Kohle und Mennige und 1 Th. calcinirter Magnesia ein, die mit verdünnter Salzsäure (1:4) oder Salzmutterlauge zu einer Paste angemacht wird.

Bei dem von der Elektricitets-Maatschappy in Rotterdam hergestellten Akkumulator von de Khotinsky⁵⁾ liegen gewölbte Elektroden aus Blei, Kohle, Queck-

¹⁾ A. P. 418483; Lum. él. (1890) 36, 234. — ²⁾ D. P. 47972. — ³⁾ A. P. 439850. — ⁴⁾ D. P. 36401/1886. — ⁵⁾ D. P. 22816, 30041.

silber oder anderem leitenden Materiale, die mit der wirksamen Masse gefüllt sind, durch nicht poröse, niedrige Scheidewände aus Holz, Glas, Porzellan, Steingut oder Hartgummi von einander isolirt, abwechselnd positive und negative neben einander in einem rechteckigen oder spiralförmig in einem runden Kasten aus nicht leitendem Materiale. Mehrere solche Kästen können auch¹⁾ über einander in einem grösseren Kasten aufgestellt werden. Untersuchungen von Dietrich, Obermayer und der Frankfurter Gasgesellschaft²⁾ ergaben für diese Akkumulatoren ein Güteverhältniss von 90% A.-St. und einen Nutzeffect von 71—74·3% Watt-Stunden.

Kuppelartig sind auch die Elektroden bei Parker & Crapo³⁾ gefertigt. Durch das in den Höhlungen der Kuppeln sich sammelnde Gas wird die Erregerflüssigkeit von der unteren Elektrodenfläche verdrängt.

Ringkörper, die durch Streifen und Streben in ihrer Lage gehalten werden, verwendet Franke⁴⁾ als Träger.

¹⁾ D. P. 37739. — ²⁾ Zeitschr. Ver. d. Ing. (1887) 31, 24. — ³⁾ A. P. 470701.
— ⁴⁾ D. P. 76698.

c) Gitterträger.

Als Uebergang zu den Akkumulatoren mit Gittern seien erst einige mit perforirten Platten betrachtet.

Wite (The Gibson Electric Co.¹⁾) bringt in den mit vorspringendem Rande versehenen, horizontal liegenden Platten Löcher an, die gegen die Oberfläche geneigt sind. Auch die mit Löchern, die aufgeworfene Ränder haben, versehene Platte Cheswright's²⁾ hat einen Rand aus Hartblei.

Seine durchlöchernte Platte versteift Pirsch³⁾ durch einen Rahmen. Die active Masse wird durch Stützen festgehalten.

Eine verhältnissmässig grosse Oberfläche der activen Masse und ihr vollständiges Festhaften will Carpenter⁴⁾ dadurch erreichen, dass er trockene Mennige in die Löcher der Bleiumhüllungen, in denen Stahlstifte stecken, einbringt, die Hüllen zuschmilzt und die Stifte entfernt. Eickemeyer⁵⁾ versieht auf ähnliche Weise die in polygonalen Oeffnungen der Bleiplatten befindliche active Masse mit centralen Löchern und presst die einzelnen Platten unter Zwischenfügung von nichtleitenden durchlöchernten Platten so auf einander, dass die Löcher

¹⁾ E. P. 2472/1889. — ²⁾ E. P. 19080/1889. — ³⁾ E. P. 1717/1895. —

⁴⁾ Elektrot. Zeitschr. 1890, 393. — ⁵⁾ Elektrot. Zeitschr. 1890, 51.

sich zu Röhren vereinigen. Giesst man den Elektrolyten durch ein Rohr ein, so steigt er von unten in diesen Röhren in die Höhe, ohne dass er mit dem metallischen Blei in Berührung kommt. In diese Löcher führt Gibson¹⁾ kleine Kapseln aus sehr dünnem Blei, die mit der wirksamen Masse gefüllt sind, ein, presst sie breit und durchlöchert ihre Verschlussflächen. Nach aussen sich verjüngende Durchlochungen haben die Bleiplatten und die sie beiderseits bedeckenden Isolationsplatten aus 1 Th. arabischem Gummi und 1 Th. Asbest oder gestossenem Glase bei Kennedy²⁾. In die Löcher der letzteren wird die wirksame Substanz so gebracht, dass guter Contact mit den Bleiplatten entsteht. Silvey³⁾ legt auf die Platte, deren Löcher mit trockenem pulverisirten Bleioxyd gefüllt sind, ein nicht leitendes poröses Blech. Auf beide Seiten einer mit weiten runden Oeffnungen versehenen Metallplatte legt Rooney⁴⁾ Deckplatten, deren Löcher concentrisch über denen der Mittelplatte liegen, aber kleiner sind. Beiderseits mit durchlochten dünnen Ebonitwänden sind auch die Platten Rosenthal's und Doubleday's⁵⁾ versehen, die aus gewellten durchlöcherten Bleiblechen bestehen.

In den Löchern angebrachte Nadeln sollen nach King⁶⁾ die active Masse festhalten.

C. A. Smith⁷⁾ presst die active Masse in durchlöcherte Scheiben oder flache Stücke aus Blei ein und verbindet letztere zu einer Platte. In die grossen Löcher einer aus antimonhaltigem Blei hergestellten positiven

¹⁾ D. P. 45992. — ²⁾ Lum. él. (1891) 46, 380. — ³⁾ A. P. 500622, 504370. —

⁴⁾ A. P. 543055, 549023, 549079/1895. — ⁵⁾ E. P. 14250/1892. — ⁶⁾ E. P. 24127/1892.

— ⁷⁾ A. P. 507463/1893.

Platte schiebt Rhodin¹⁾ Spiralen aus dünnen, beiderseits gewellten Bleiplatten ein und hält sie durch Umbördelung ihrer Enden fest. Die Zwischenräume der Spirale werden mit activer Masse gefüllt.

Sorley und Pumpelly²⁾ schneiden in massive Platten Spalte ein.

Sehr grosse Verbreitung hat der von der Electrical Power Storage Company (jetzt Foreign and Colonial Electrical Power Storage Comp.) fabricirte Akkumulator von Faure-Sellon-Volckmar³⁾ gefunden. Die vorher (S. 212) erläuterte Gitterconstruction⁴⁾ gewährleistet einen guten Contact der activen Masse mit der Gitterwandung und hindert ihr Herausfallen. Bei längerem Gebrauch tritt dieser aber in Folge der Ausdehnung der Füllmasse doch ein. In die positiven Gitter wird eine Paste aus Mennige (auch im Gemische mit etwas Bleisuperoxyd) und Schwefelsäure, in die negativen eine aus Bleiglätte, Mennige und Schwefelsäure oder Magnesiumsulfatlösung eingeschmiert. Nach langsamem Trocknen werden die positiven Platten gegenüber Bleiplatten in verdünnter Schwefelsäure durch einen starken Strom 48 St. lang, die negativen ebenso 24 St. lang formirt. Dann werden sie getrocknet, mit ihren Fahnen an horizontale Bleistreifen angelöthet und hakenförmig so ineinander gesetzt, dass von den negativen Platten eine mehr als von den positiven vorhanden ist. Um die Berührung der Platten zu verhindern, kratzt man aus einigen Oeffnungen der negativen Gitter die

¹⁾ E. P. 8728/1895. — ²⁾ A. P. 467522/1894. — ³⁾ Elektrot. Zeitschr. 1886, 401. — ⁴⁾ Neuerdings giebt Sellon auch Gitter an, auf deren beiden Seiten die Rippen gegen einander versetzt sind; E. P. 1460/1889.

active Masse wieder heraus und klemmt Kautschukpflöcke ein, oder man legt um die Platten Gummiringe oder trennt sie durch Glas- oder Hartgummistäbe. Gegen die beiden äusseren negativen Platten legt man zwei dicke Glastafeln, vereinigt dann Alles durch Ueberziehen zweier starker Gummibänder und setzt die Platten auf zwei Glasprismen in die Zelle ein. Da aus den positiven Platten die Masse zu leicht herausfiel, wurden bald als solche den Tudor'schen ähnliche verwendet. Eine empfehlenswerthe Art der Montage und der Isolirung der Platten beschreibt King¹⁾.

Prüfungen dieser Zellen rühren her von der Wiener Ausstellungscommission²⁾, von Zacharias³⁾, Rühlmann⁴⁾, Kohlrausch⁵⁾ und Ayrton⁶⁾. Letzterer untersuchte 20 Zellen der Type von 1888. Jede Zelle, die brutto 27·106 kg wiegt, enthält 2 positive Platten von 5·22 kg und 3 negative von 7·76 kg Gewicht. Die wichtigsten Resultate giebt die Tabelle auf S. 252.

Standen also die Zellen einige Zeit geladen, so konnte der frühere Nutzeffect erst nach wiederholtem Laden und Entladen wieder erreicht werden. Die Capacität leidet durch solche Pausen in Bezug auf A.-St. und Energie dauernd. Die Temperatur wächst bei der Ladung und fällt bei der Entladung, und zwar um etwa 0·7—1·3 Grad. Der Widerstand betrug bei der normalen Ladestromstärke von 9 A. im Mittel 0·0045 O., bei 10 A. Entladestromstärke 0·0038 O.

¹⁾ E. P. 18809/1894. — ²⁾ Zeitschr. Ver. d. Ing. (1885) 29, 584. — ³⁾ Elektrot. Zeitschr. 1886, 184. — ⁴⁾ Elektrot. Zeitschr. 1886, 404. — ⁵⁾ Elektrot. Zeitschr. 1887, 228. — ⁶⁾ J. Inst. Electr. Eng. 1890, 539, 683, 690, 724; Elektrot. Zeitschr. 1890, 496, 509, 520.

Entladung			Ladung			Wir- kungsgr.		Nutz- effect		Bemerkungen
Dauer Stunden	Amp.- Stunden	Watt-St. pro Zelle	Dauer	Amp.- Stunden	Watt-St. pro Zelle	0/o	0/o			
10 ¹² M.	101.9	201.7	11 ³⁸ M.	104.5	230.7	97.2	84.1	normal		
10	100	196	11 ³¹ M.	103.8	228.2	96.4	85.8	nach 10tägiger Ruhe länger form.		
9 ⁸ M.	91	176.7	10 ⁴⁵ M.	96.8	213.2	94.1	82.8	nach 12tägiger Ruhe länger form.		
8 ²⁴ M.	82.6	161.3	9 ³⁶ M.	86.2	190.5	95.8	84.7	nach 16tägiger Ruhe formirt, bis norm.		
5 ²¹ M.	53.3	104.1	6 ³⁰ M.	58.5	128.3	63.6 ¹⁾	56.4 ¹⁾	nach 16tägig. Ruhe Entladung und dann Ladung		
7 ⁶ M.	76	149.5	8 ¹² M.	78.3	173.5	97.1	86.3	bis zum Eintritt constant. Verhältn. formirt		

¹⁾ Verhältniss der ersten Entladung nach der Ruhe zur letzten Ladung vor der Ruhe.

Bei neueren Plattenconstructionen des Electric Power Storage Co.¹⁾ tragen die Gitterstäbe nach auswärts gebogene Bleikrallen. Dadurch wird die active Masse sicher festgehalten und kann sich trotzdem ausdehnen. Das Gewicht der wirksamen Substanz kann viel grösser genommen werden als das des Trägers.

Philippart Frères vereinigen je eine positive und eine negative Volckmar'sche Platte durch einen Bügel aus Blei-Antimonlegirung, setzen zwischen nur positiven Platten in einem Gefässe 1 die negativen Platten dieser Paare, so dass ihre positiven in ein Gefäss 2 ragen und fahren so fort. Jarriant zerlegt die grosse Platte, die schon bei einer modificirten Form aus 4 kleineren besteht, durch je 2 horizontale und verticale Leisten in 9 Quadrate. Heinz²⁾ gebraucht als Füllmasse ein Gemenge von Bleioxyd mit Bleiamalgam.

Ein dem Volckmar'schen ähnliches Gitter ist das der Märkischen Akkumulatorenwerke.

Etwas weniger keilförmige Rippen beim Volckmar'schen Gitter will J. L. Huber³⁾ anwenden. Gleichzeitig wird in der activen Masse jeder Oeffnung des Gitters noch ein 2 mm weites Loch angebracht. Dadurch erhält man eine grössere wirksame Elektrodenoberfläche und erzielt eine gute Circulation des Elektrolyten, während gleichzeitig das Gewicht des Akkumulators vermindert wird. Dagegen fällt die active Masse ziemlich reichlich ab.

R. Weber⁴⁾ fand bei einem derartigen Akkumulator, der 10.5 kg wog, 5 positive und 6 negative Platten

¹⁾ Industries (1893) 14, 115; El. Rev. 32, 133. — ²⁾ F. P. 181196. — ³⁾ Zeitschr. El. 1890, 393. — ⁴⁾ Elektrot. Zeitschr. 1890, 219.

vom Gesamtgewichte 6 kg enthielt und mit 13 A. normal geladen und entladen werden sollte, bei normaler Behandlung einen Spannungsabfall von 4—7% und einen mittleren Wirkungsgrad von 97% A.-St. Bei abnormen Entladungen mit Strömen bis zu 100 A. fielen etwa 200 g activer Masse ab, ohne dass die Platten unbrauchbar wurden. Die Capacität blieb ziemlich normal (16·17 A.-St. pro Kilogramm Plattengewicht).

Bei dieser und einigen anderen Typen, deren Capacitäten zwischen 80 und 227 A.-St. lagen, fand Kopp¹⁾ folgende Zahlen:

T y p e	Güteverhältniss		1 kg Plattengew. giebt	
	Amp.- Stunden	Watt- Stunden	Amp.- Stunden	Watt- Stunden
Oerlikon, flüss. Elektrolyt	92·2	80·6	8·8	17·4
Oerlikon, gelatinöser Elektrolyt	83·8	72·4	7·9	14·8
Huber	92·5	80·7	12·7	25·1
Julien	90·9	80·2	11·3	22·4
Tudor	92·6	83·7	3·4	6·7

Auf 1 kg Plattengewicht entfällt nach Dufour²⁾ eine Capacität von

¹⁾ Lum él. (1890) 37, 51, 178, 222; El. Echo 1890, 400. — ²⁾ El. Eng. London (1892) 9, 251.

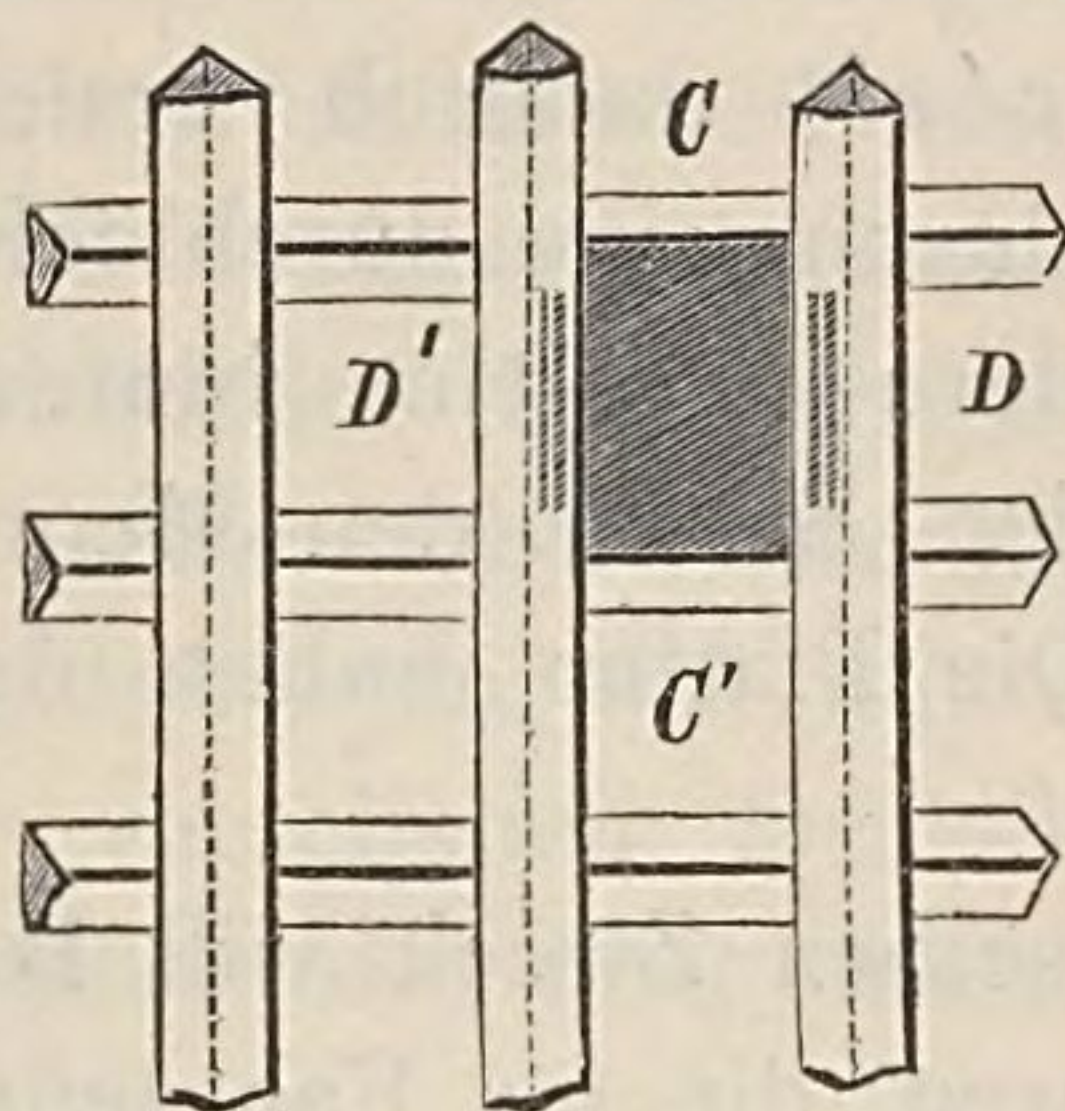
14·6	A.-St.	beim	Akkum.	v. Huber	(hergest. zu Marly),
11·2	»	»	»	»	Farbaky & Schenek,
7·2	»	»	»	»	Reckenzaun,
7	»	»	»	»	der Electric Power Storage Co.

Die Akkumulatoren-Werke Germania¹⁾ in Berlin setzen die prismenförmigen Rippen mit ihrer Basis nur auf den Aussenseiten der Träger auf (siehe Fig. 50), sodass die active Masse auf der vorderen und hinteren

Fig. 50.



Fig. 51.



Seite nur von je zwei gegenüberliegenden Rippen gehalten wird (C und C' , D und D' in Fig. 51). Durch diese Anordnung sollen die Massenstückchen sich nach beiden Seiten ausdehnen können, ohne herauszufallen. Denn während auf der Vorderseite nach den Scheiteln der Stäbe C und C' , auf der Rückseite nach denen der Stäbe D und D' die Masse sich ausdehnen kann, wird sie durch die Basis der Prismen D und D' einerseits und C und C' andererseits gehalten. Die Maschen des Trägergitters sind nur 10 mm weit. Die Masse wird durch

¹⁾ D. P. 74752.

indifferente Zusätze porös und zugleich haltbar gemacht. Die Platten werden jetzt in Gefäße des Muskauer Hohlglas-Hüttenwerkes Raetsch & Comp. eingebaut, die im Boden oder dicht über ihm einen Tubus zum bequemen Ablassen des Schlammes besitzen.

Aehnlich dem Volckmar'schen Gitter ist das von Menges¹⁾, dessen Stäbe mit Rillen versehen sind. Die Maschinenfabrik Oerlikon verwendet für kurze Entladungszeiten 5 mm dicke Gitter mit sechseckigen Oeffnungen, für längere Entladungszeiten bis 8 mm dicke Dreieckgitter. Ein sehr festes Haften der activen Masse will L. Somzée²⁾ dadurch erzielen, dass er jede Gitteröffnung durch eine durchlöchernte dünne Mittelwand in eine vordere und eine hintere Hälfte theilt und dann von beiden Seiten den Mennigebrei gegen die Wand presst. Die Platten haben den Erwartungen nicht entsprochen.

Denselben Zweck will Barber-Starkey³⁾ bei Akkumulatoren, die für Fahrzeuge bestimmt sind, dadurch erreichen, dass er mit dem Elektrolyten ein Gemisch von Sägespänen und gebranntem Gyps tränkt und diese Masse zwischen die Platten bringt.

Ein Uebelstand der meisten Gitterplatten besteht darin, dass die positive Masse nicht Raum genug zum Ausdehnen hat, also leicht die Stäbe des Gitters verkrümmt oder gar auseinander sprengt. Dies wollen Farbaký und Schenek⁴⁾ dadurch vermeiden, dass sie die Gitteröffnungen durch mehrere ringförmige, sich schnei-

¹⁾ D. P. 40771/1887. — ²⁾ D. P. 28759/1883. — ³⁾ Elektrot. Zeitschr. 1890, 241. — ⁴⁾ Vgl. St. Schenek, Construction und Wirkungsweise der Akkumulatoren, Berlin und Budapest 1890.

dende Bleistreifen ausfüllen und die dadurch entstehenden 6 Doppelsegmente frei von activer Masse lassen. Letztere ist porös und besteht aus einem mit 10—15% Schwefelsäure angerührten Gemisch von Bleiglätte mit 5% grobem Bimssteinpulver für die negativen Platten, aus einem solchen von 47.5% Mennige, 47.5% Bleiglätte und 5% Koksstücken von 1—1½ mm Durchmesser für die positiven Platten.

Mit dieser schwach feuchten Paste werden die gothischen Gitter gefüllt, halb trocknen gelassen, von der überschüssigen Masse befreit, an der Luft gänzlich getrocknet, mit verdünnter Schwefelsäure befeuchtet, wieder getrocknet, 10—12 Stunden nochmals in Schwefelsäure gestellt und endgiltig getrocknet. Die fertigen Platten kommen, durch paraffinirte Holzstäbe getrennt, in Holzkästen, die mit Blei ausgeschlagen und mit einem mit verschliessbarer Oeffnung versehenen Deckel bedeckt sind. Der Elektrolyt besteht, wie jetzt meistens, aus 30%iger Schwefelsäure.

Die an diesen Zellen von den Erfindern selbst¹⁾ und von A. v. Waltenhofen²⁾ erhaltenen Resultate stimmen mit denen bei den Akkumulatoren der Electric Power Storage Comp. nahezu überein. Der Wirkungsgrad war rund 91% A.-St. und 78.5% W.-St. Der innere Widerstand stieg nicht über 0.001 O. Ein aus fünf positiven und sechs negativen Elektroden bestehender, dünnplattiger Akkumulator, hergestellt von Getz & Odendall in Baumgarten bei Wien, mit gothischem Gitter, von 15.5 kg Plattengewicht und der mittleren Capacität von 175 A.-St.

¹⁾ Dingl. (1885) 257, 357. — ²⁾ Zeitschr. El. 1886, 242.

lieferte A. v. Waltenhofen¹⁾ bei der Entladung mit 60·73 A., also 3·9 A. auf das Kilogramm Plattengewicht, in 2 Stunden 10 Minuten einen Spannungsabfall von 11% und gab 132 A.-St. und 261 W.-St. Schenek²⁾ erhielt, wenn er die Ladung bis 2·33 V., die Entladung bis 1·9 V. Spannung trieb, folgende Zahlen:

Ladestromstärke A.	Entlade- stromstärke A.	Wirkungsgrad ‰ A.-St.	Nutzeffect ‰ W.-St.
12	16	91·52	82·71
25	25	90·80	76·17
50	50	89·68	73·00
75	75	87·45	70·47

Péral³⁾ biegt bei seinen Gittern mit quadratischen Oeffnungen die Rippen nach innen um. Die gleichartigen Platten sind, ausser wie gewöhnlich ausserhalb des Elektrolyten, auch noch innerhalb desselben verbunden.

Bradbury & Stone⁴⁾ bringen in die Gitteröffnungen gepresste Stäbchen aus activem Materiale ein und halten sie durch Umbiegen des unteren dünnen Bleirandes fest.

Stäbe von schwalbenschwanzförmigem Querschnitte haben die gegossenen Gitter von Jaquet frères⁵⁾, gewellte Stäbe von V-förmigem Querschnitte die von Griffin⁶⁾.

¹⁾ Zeitschr. El. 1887, 305. — ²⁾ Construction und Wirkungsweise der Akkumulatoren, Berlin u. Budapest 1890. — ³⁾ E. P. 8800/1890; Lum. él. (1890) 38, 279; El. Anz. 1890, 1579. — ⁴⁾ El. World (1891) 18, 98. — ⁵⁾ E. P. 18028/1889; Lum. él. (1890) 38, 619. — ⁶⁾ E. P. 8972/1894.

Um eine Drehung und Verbiegung des Gitters zu vermeiden und zugleich die Oberfläche der wirksamen Masse zu vergrössern, wellt Zettler¹⁾ die Stäbe oder versieht sie mit Vorsprüngen und bringt die active Masse in getrennten Körpern in die Gitteröffnungen oder umgiebt mit ihr die Kreuzungspunkte der Gitterstäbe.

Ein Gitter, das aus einzelnen durchbrochenen Stäben von der in Fig. 52 dargestellten Form besteht, verwenden H. & E. Headland²⁾. Eine solche positive Elektrode von 2.25 kg Gewicht kann 2 Stunden lang mit 25 A. entladen werden.

Fig. 52.



Die Deformation der Gitter kann auch dadurch verhindert werden, dass der activen Masse Gelegenheit geboten wird, sich in sich selbst auszudehnen und zusammenzuziehen. Die Anwendung einer solchen, in sich zusammenhängenden Masse ist bei den beiden folgenden Constructionen von Doppelgittern angestrebt.

E. Correns³⁾ verwendet Gitter (siehe Fig. 53 und 54) mit quadratischen Oeffnungen und nach innen abgeschrägten Stäben, die durch Stege oder für grössere Platten durch Längs- und Querrippen noch versteift werden. Zwei solcher Gitter werden, um eine halbe Quadratseite gegen einander versetzt, auf einander gelegt und dann an den Seiten verlöthet. Da die Gitter die

¹⁾ D. P. 63881/1891. — ²⁾ Zeitschr. Elektroch. (1895) 1, 568. — ³⁾ D. P. 51031/1888; 52853/1889; 54371/1890.

Füllmasse vollständig umstricken, kann letztere bei der Ausdehnung nicht heraustreten, sondern wird im Gegentheil fester zusammengepresst. An den Kreuzungsstellen

Fig. 53.

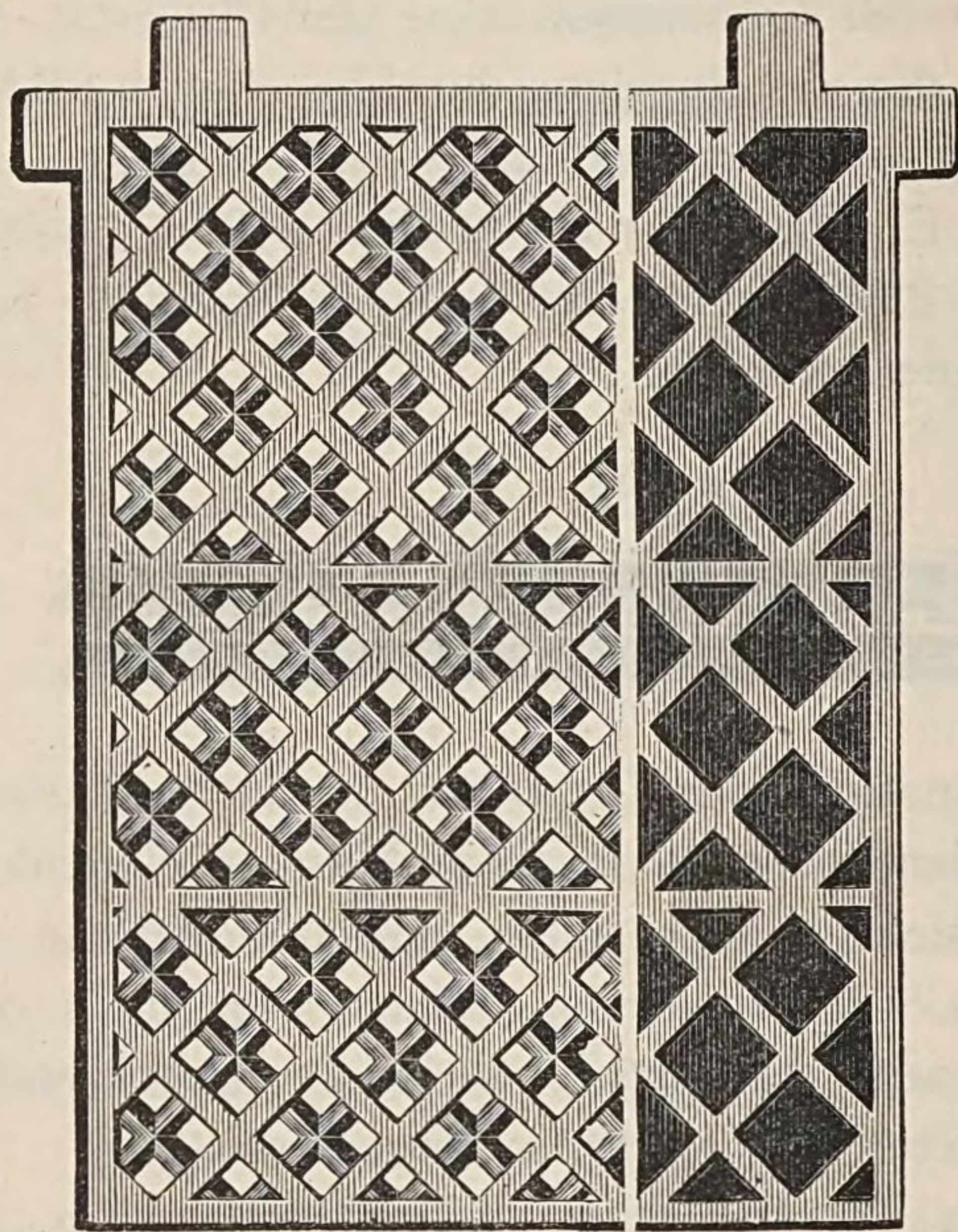


Fig. 54.



der Gitterstäbe werden neuerdings¹⁾ Stifte angebracht, sodass die Ansätze der einen Gitterhälfte mitten in die Oeffnungen der anderen ragen. Die Füllmasse erhält einen Zusatz von löslichem Silicat, z. B. Wasserglas,²⁾

¹⁾ D. P. 63433/1891. — ²⁾ So härtet auch W. P. Thompson die Masse; E. P. 16270/1891.

dessen Alkali durch Säure oder Ammoniumchlorid neutralisirt wird. Um die Erhärtung des Bleisilicats zu beschleunigen, wird noch Kalk, Magnesia oder Thonerde, zur Erhöhung der Leitfähigkeit ein in Säure unlösliches oder ein in ein solches Oxyd übergehendes Metall zugegeben. Die jetzt von der Firma C. Wilhelm Kayser & Co. in Berlin NW. hergestellten Akkumulatoren besitzen grosse Capacität und Lebensdauer und bedeutende Widerstandskraft gegen Ueberbeanspruchungen. Der Spannungsabfall ist ziemlich gering. Ein ähnliches Doppelgitter verwendet Osburn¹⁾. Nach dem Einsmieren der Füllmasse werden die Ränder der einzelnen Quadratseiten noch übergedrückt. Die Herstellung des schwammförmigen Bleies für die Correns'schen Sammlerplatten ist schon auf S. 223 beschrieben worden.

Je 50 Correns- und Tudor-Zellen wurden von Heim, Kohlrausch, Peukert, Voller, Berner, Conz, Germershausen und Seifert²⁾ untersucht. Es zeigten:

	normale Capacität	Entladestrom	Oberfläche der posit. Platten einer Zelle
Correns-Zellen	924 A.-St.	154 A.	300 dm ²
Tudor-Zellen	660 »	198 »	288 »

Im Ganzen wurde jede Art fünfmal geladen und entladen, einige Male mit normalen, einige Male mit höheren Stromstärken. Aus allen Versuchen ergab sich als mittleres Güteverhältniss:

¹⁾ A. P. 418140. — ²⁾ El. Anz. 1891, 1232.

	A.-St.	W.-St.
Correns-Zellen	93·0%	81·5%
Tudor-Zellen	87·5%	68·8%

Das Güteverhältniss bei verschiedenen Beanspruchungen war folgendes:

Zellen von	Entlade- strom A.	Lade- strom A.	Güteverhältniss in %	
			A.-St.	W.-St.
Correns {	155	155	97·3	87·5
	315	315	92·8	78·8
Tudor {	153	137	91·6	76·2
	300	300	88·2	65·2

Die mittlere Spannung betrug bei normaler Beanspruchung

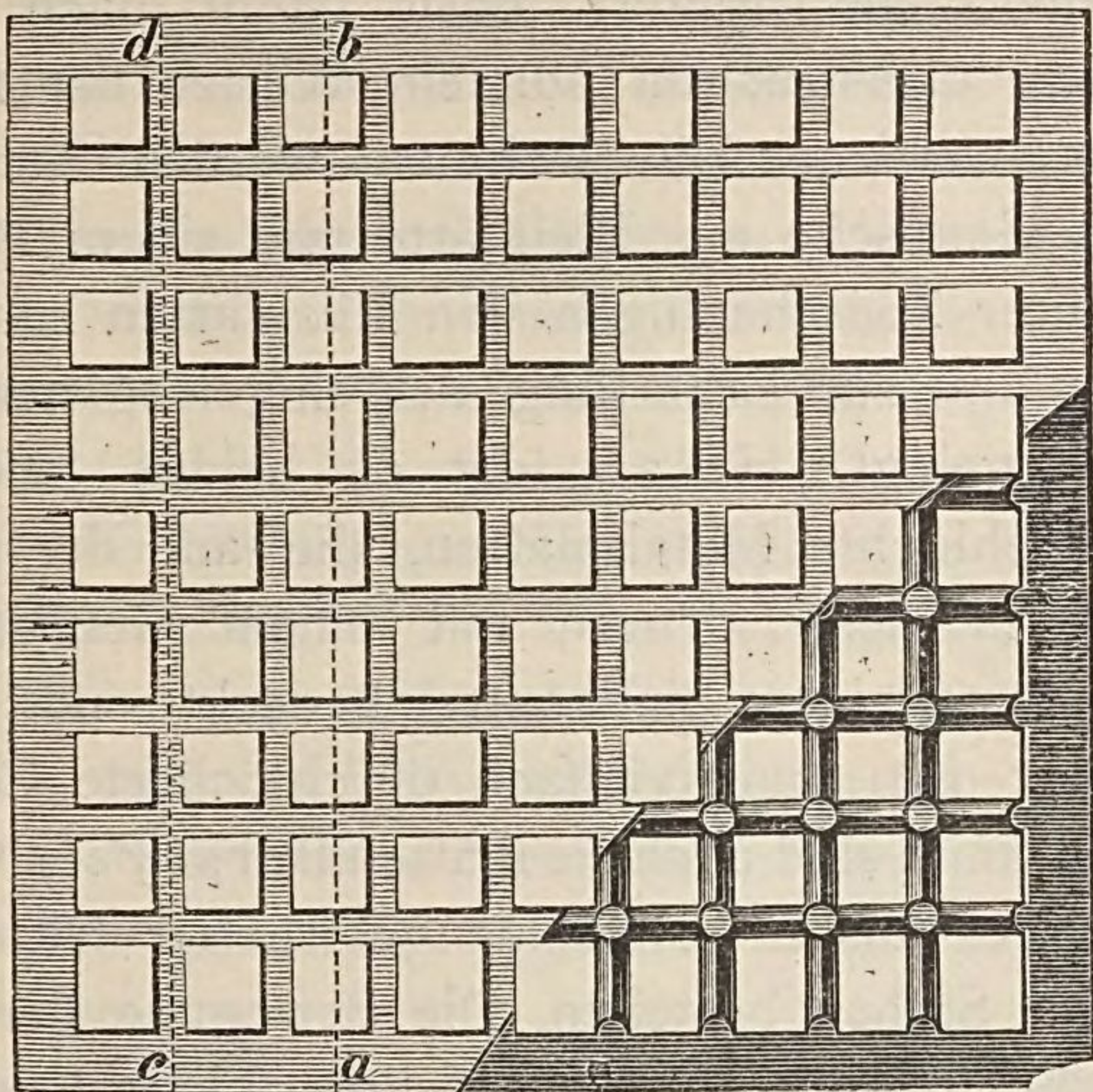
	bei der Entladung	bei der Ladung
für die Correns-Zellen . . .	1·98	2·20
für die Tudor-Zellen . . .	1·93	2·31

Dieselben Vorzüge wie das Correns'sche Gitter weist das von Gottfr. Hagen¹⁾ auf. Es ist dem ersteren sehr ähnlich, nur sind die einzelnen Gitter nicht gegen einander verschoben, sondern die Kreuzungspunkte der Stäbe liegen über einander (siehe Fig. 55 und 56) und sind durch 2—4 mm lange Querstege mit einander verbunden. Die Menge der Füllmasse ist bei diesen von den Kölner

¹⁾ D. P. 52880/1889.

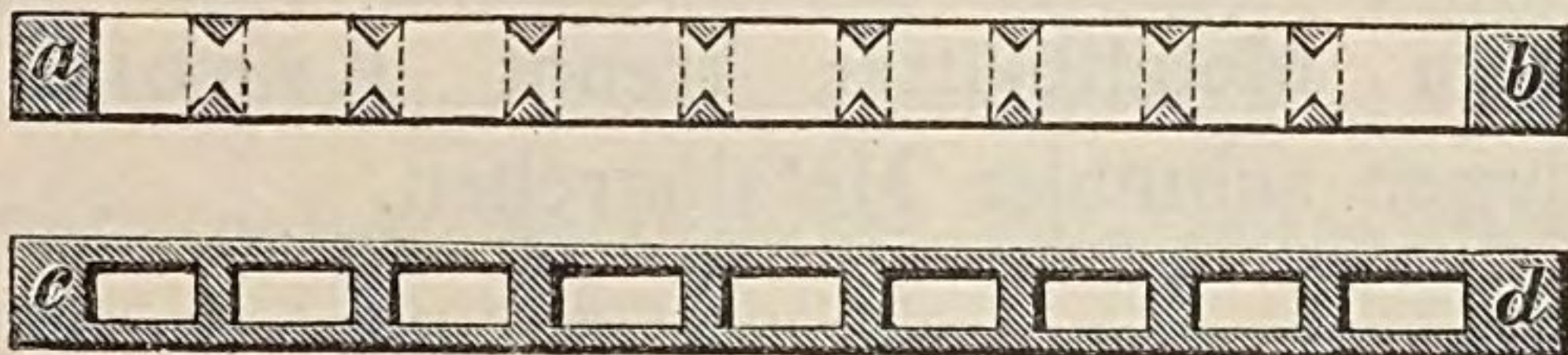
Akkumulatorenwerken Gottfr. Hagen in Kalk bei Köln in den Handel gebrachten Akkumulatoren sehr gross.

Fig. 55.



Sie beträgt für stationäre Batterien ungefähr ebenso viel wie das Gittergewicht, für transportable Zellen ungefähr 60% desselben.

Fig. 56.



Die aus zwei Gittern mit quadratischen, nach innen weiter werdenden Löchern zusammengesetzten Platten

Riker's¹⁾ werden durch Bleilappen zusammengehalten. Hough und March²⁾ verlöthen zwei gitterartige Rahmen mit dem übergreifenden Rande einer dazwischen stehenden Platte. Der Querschnitt der Gitterstäbe ist trapezförmig; die breitere Basis steht nach aussen. Durch diese Construction soll ein Werfen der Rahmen vermieden werden. Die Rahmen werden mit einem trockenen Gemische aus Bleiglätte und einem Bindesalz gefüllt, unter Zwischenfügen von Filzplatten zusammengeklemmt und zur Erhärtung der eingetragenen Masse in Wasser gelegt. Hess³⁾ legt zu beiden Seiten des Gitters durchlochte Metallplatten, die auf der Aussen-seite und in den Löchern mit einem Gemische aus Quarzsand und einem Bindemittel bedeckt sind, Philippart⁴⁾ sehr feine und vielfach durchlöchernte Celluloidblätter.⁵⁾ Damit sind auch die Platten Bersey's⁶⁾ umhüllt, die aus zwei aussen zusammengelötheten Gittern mit achteckigen Stäben bestehen. Die Bewegung der Platten wird durch Holzrahmen, die auf luftgefüllten Kautschukschläuchen stehen, verhindert. Doppelgitter verwendet ferner Barrett⁷⁾.

Eine Anzahl Gitter verbindet Woolf⁸⁾ so zu einer Platte, dass sich die Gitteröffnungen durch die auf-gepresste Masse fortsetzen.

Mehrere Metallblätter trennt Arnold⁹⁾ durch Zwischenlagen schmaler Metallstreifen.

¹⁾ Lum. él. (1890) 37, 133. — ²⁾ E. P. 3734/1893. — ³⁾ D. P. 82956; A. P. 525017 u. 525018/1894. — ⁴⁾ A. P. 425902. — ⁵⁾ Solche bringt z. B. die Deutsche Celluloid-Fabrik A.-G. in Leipzig-Plagwitz in den Handel. — ⁶⁾ E. P. 475/1896. — ⁷⁾ A. P. 445872. — ⁸⁾ A. P. 440216. — ⁹⁾ A. P. 489115.

Kornblüh¹⁾ presst die Mennigepaste in Bleidrahtnetze ein. Eine 6 mm starke Platte wiegt 3 kg. Bradbury und Stone²⁾ bilden aus Metallstreifen ein Geflecht mit engen Zwischenräumen. Zwei Netze oder Gitter vereinigen Beyer und Hagen³⁾ durch Verbindungsstücke und einen Rahmen zu einer Platte. An die Stäbe eines grobmaschigen Gitters löthet van den Kerckhove⁴⁾ kleinere Platten an. Rostförmige Gitter aus dreiseitigen, prismatischen Stäben, von denen die scharfe Kante des einen immer auf der Basis des darunter liegenden ruht, verwendet Ch. F. Winkler. Der Elektrolyt ist ein gelatinöses Gemisch aus Natriumsilicat, Schwefelsäure und Ammoniumsulfat.⁵⁾ Der Wirkungsgrad dieses Akkumulators soll 93% A.-St., der Spannungsabfall 11% sein. Zwei sich schneidende Systeme von dreikantigen Stäben, die so angeordnet sind, dass deren Basen einander gegenüberliegen, schliesst Hartung⁶⁾ in einen Bleirahmen ein.

Rostförmige Gitter versieht Griscom⁷⁾ noch durch Kochen in 2%iger Ammoniumnitratlösung mit muschelförmigen Vertiefungen, in die active Masse kommt.

Zur Verstärkung von Gittern oder anderen Trägern versieht sie Heil⁸⁾ mit Einlagen von nicht wirksamer Masse.

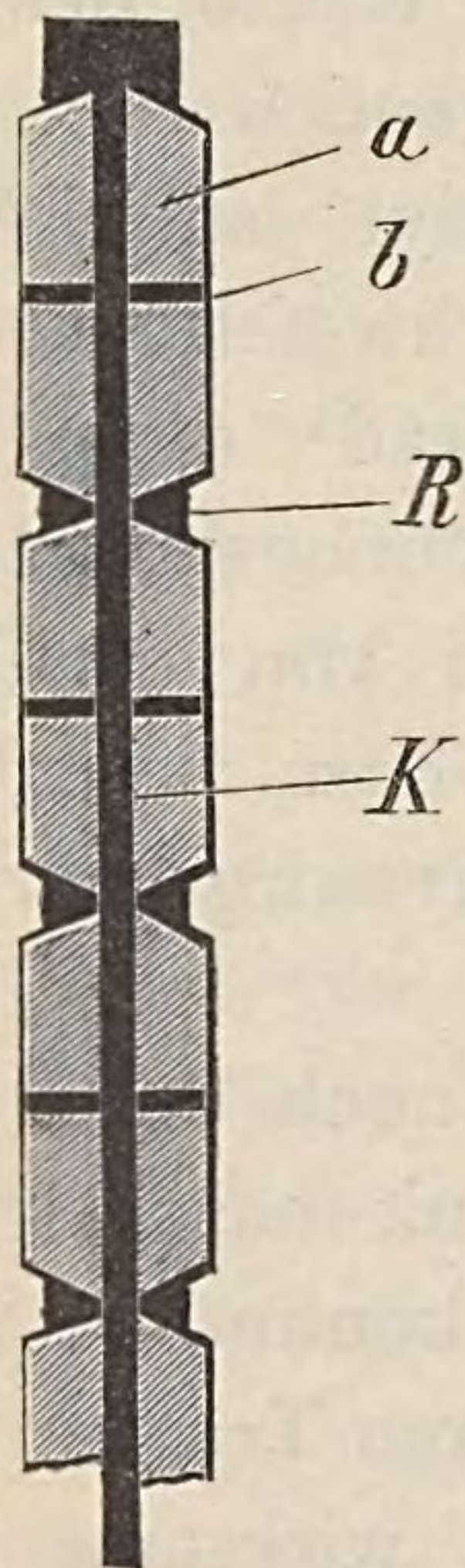
Kugeln aus Schwammblei ordnen Duffek und Holub⁹⁾ so auf einer Platte an, dass sie sich berühren. Die Zwischenräume werden mit Blei ausgegossen. Die Platte wird so weit abgehobelt, dass nur ein Netz-

¹⁾ Elektrot. Zeitschr. (1883) 4, 419. — ²⁾ A. P. 441813. — ³⁾ E. P. 11528/1889. — ⁴⁾ D. P. 64112/1891. — ⁵⁾ A. P. 471590. — ⁶⁾ E. P. 5844/1893. — ⁷⁾ A. P. 487834. — ⁸⁾ A. P. 523892, 1894. — ⁹⁾ E. P. 6652/1894; D. P. 83858.

werk aus Blei mit eingelagertem Schwammblei übrig bleibt.

Die in elastische, nichtleitende Gitter eingetragene Masse wollen van Emon und Poston¹⁾ durch nichtleitende Rippenkörper festhalten und gegen eine angelegte Metallplatte pressen.

Fig. 57.



H. Schmalhausen²⁾ will das Hinausdrücken der Masse bei ihrer Ausdehnung aus den Gitteröffnungen dadurch vermeiden, dass er den Druck auf eine elastische Zwischenlage wirken lässt. Die Elektrodenplatten sind aus je zwei Trägern zusammengesetzt, die auf allen Seiten von einem Metallrahmen umgeben und durch eine Querrippe versteift sind. Die Träger sind durchbrochen von konisch verlaufenden Oeffnungen von quadratischem Querschnitt, deren weitere Oeffnung nach innen liegt. Rahmen und Querleiste ragen auf der inneren Seite jeder Platte etwas über die dazwischen liegenden Felder, die mit activer Masse gefüllt sind, hinaus, so dass beim Zusammenlegen der Träger zwischen ihnen ein Hohlraum entsteht, der leer bleibt oder mit einer elastischen, chemisch indifferenten Masse gefüllt wird. Bei der Ausdehnung der Masse wird sich der Druck nach innen richten, sodass die Masse nicht aus dem Träger herausgedrückt werden kann.

¹⁾ A. P. 524656/1894. — ²⁾ G.-M. vom 18. Februar 1896.

Frankland¹⁾ formt die Bleioxyd-Schwefelsäure-Paste zu Cylindern, plattet diese zu Scheiben aus und umgiesst letztere, nachdem sie nebeneinander gelegt sind, mit Blei oder einer Blei-Antimonlegirung.

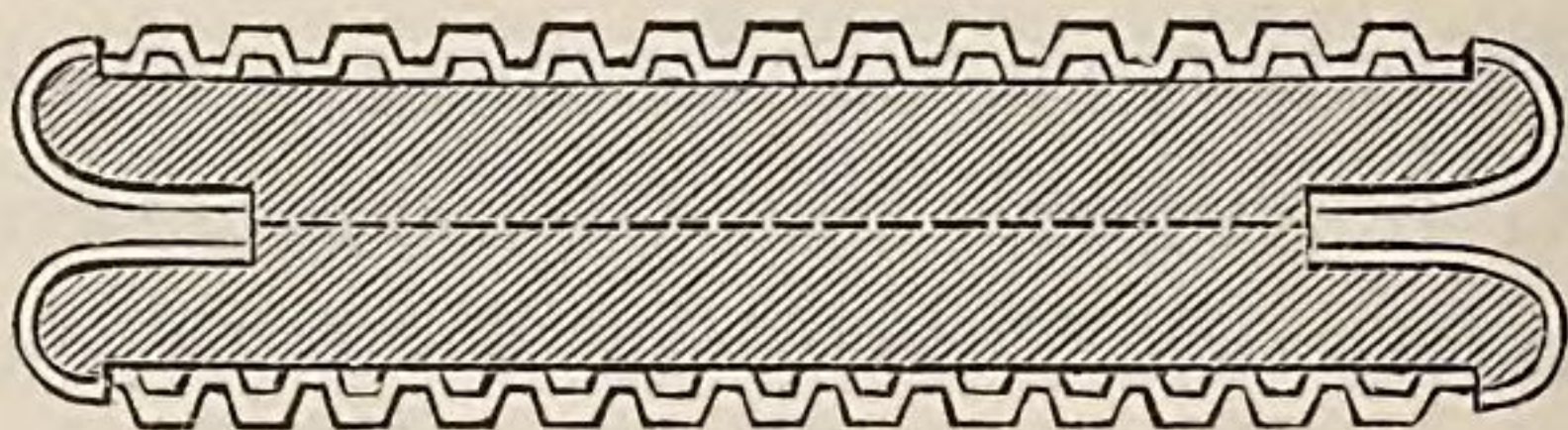
Aehnlich presst auch Jahr zuerst aus der Füllmasse trapezförmige Würfel *a* (siehe Fig. 57) von 20, beziehungsweise 22 mm Seitenlänge, befestigt sie mit dünnen Stiften *b* aus Blei in einer zweitheiligen Form und giesst die Zwischenräume mit Blei aus, sodass der Kern *K* 2 mm, die Rippen *R* 8 mm stark werden. Da die active Masse etwa 1 mm über das Blei hervorsteht, soll nach J. Zacharias die wirksame Oberfläche um 23% vermehrt werden. Die active Masse überwiegt das Blei etwas. Die Stromdichte auf das Quadratcentimeter Anodenoberfläche soll bei der Entladung 0.695 A., bei der Ladung 0.8 A. betragen, die Capacität pro Kilogramm Plattengewicht für die Entladung 8.44 W.-St., das Güteverhältniss 97.5% A.-St., der Nutzeffect 89.3% W.-St.

¹⁾ Elektrot. Zeitschr. 1887, 508.

d) Wirksame Masse in Behältern.

A. Reckenzaun stellt durch Aufbiegen dünner Bleistreifen, die in zwei oder mehr Lagen über einander liegen, kleine Kästen her, die mit activer Masse gefüllt und dann an den Kanten gebördelt werden (siehe Fig. 58).

Fig. 58.



Zwei solcher Kästen werden mit der Oeffnung auf einander gelegt und durch Zusammenpressen und Umlegen von Gummibändern zusammengehalten. Die so erhaltenen langen schmalen Streifen werden durchlocht und zu mehreren auf einer gemeinsamen Trägerplatte befestigt. Die Akkumulatoren ergeben nach A. v. Waltenhofen¹⁾ ein Güteverhältniss von 89.3% A.-St. und einen Nutzeffect von 80.85% W.-St. In die Höhlungen von Rinnen aus Metall, die horizontal in einem Rahmen befestigt sind, trägt Winkler²⁾ die Füllmasse ein.

¹⁾ Centralbl. El. 1888, 158. — ²⁾ El. Eng. N.-Y. 12, 108; Elektr. Zeitschr. 1891, 453.

Ch. J. H a r t m a n n ¹⁾ bildet Behälter für die active Masse aus entsprechend gefalteten dünnen Bleiblechen, die mit pyramidenförmigen, abwechselnd nach oben und unten gerichteten, durchlöcherten Einpressungen versehen sind. Hauser ²⁾ besetzt seine horizontalen Platten mit oben offenen Zellen. Ebenso verfährt Osburn ³⁾ bei senkrechten Platten, indem er von den daran befestigten Rippen oder Stäben je zwei zu einander biegt. Eine Reihe quadratischer Kammern erhalten Berndt & Co. ⁴⁾ dadurch, dass sie in schmale, nach Art der Khotinsky'schen mit Rippen versehene Elektrodenstreifen von der hohen Kante aus bis zur halben Tiefe Einschnitte von der Breite der Plattendicke machen und dann die Streifen fachartig in einander fügen. In diese negativen Kammern kommen isolirt die Anoden. Diese bestehen aus Schalen, die über einander an einem Stabe angebracht und mit activer Masse gefüllt sind.

Kookogey ⁵⁾ falzt die Ränder eines grösseren, vielfach durchlochten Bleibleches um die eines eben solchen kleineren herum, oder er ⁶⁾ löthet auf beide Seiten eines steifen Metallrahmens eine durchlöchernte Bleiplatte fest.

Im »New-Era-Accumulator« ⁷⁾ sind die Ränder zweier durchlochter Bleibleche, in die halbkugelige Vertiefungen eingedrückt sind, zusammengepresst. Roberts ⁸⁾ setzt aus zwei X-förmig durchlochten Platten Kästen zusammen.

¹⁾ D. P. 56171/1890. — ²⁾ E. P. 14702/1891. — ³⁾ A. P. 490753. — ⁴⁾ D. P. 66345. — ⁵⁾ A. P. 422533. — ⁶⁾ A. P. 432672. — ⁷⁾ El. World (1891) 17, 195. — ⁸⁾ E. P. 1425/1891.

Usher¹⁾ hüllt die active Masse in Bleifolie ein. Mehrere solcher kleineren schmalen Platten bilden eine Elektrode, die, ebenso wie hölzerne Trennblätter, von nach innen gegen einander geneigten Flanschen biegsamer Rahmen-gestelle gehalten werden. Aus cylindrischen oder recht-eckigen Bleikästen mit durchlochtem Wandungen stellt Tommasi²⁾ die Elektroden her, die in Steingutgefäßen auf isolirenden Leisten stehen. Die Akkumulatoren zeigen bei geringem Gewichte wegen der grossen Menge activer Masse (2·1 Th. auf 1 Th. Blei) sehr hohe Capacität (14·8 A.-St. für 1 kg Plattengewicht). Als Ladestrom kann man 5—6 A. pro 1 kg, als Entladestrom 1—4 A. nehmen, wenn die Spannung nicht unter 1·7 V. gesunken ist. Der Wirkungsgrad soll 95⁰/₀ A.-St., der Nutzeffect 80⁰/₀ W.-St. betragen. Auch Rhett³⁾ verwendet schmale durchlöchernte Kästen. Bain⁴⁾ bringt in solche Behälter abwechselnde Schichten von wirksamer Substanz und Kohle. Pitkin und Holden⁵⁾ verbinden eine Anzahl trogartiger, mit Rippen versehener und mit activer Masse gefüllter Barren durch einen Metallrahmen zu einer Platte. Knowles⁶⁾ versieht seine mehr langen als breiten Kästen, deren Längsseiten innen gefurcht oder ausgehöhlt sind, der Länge nach mit einer beiderseits ebenso ge-stalteten Mittelwand. Alle Wände sind eng durchlöchert. Oder er⁷⁾ verbindet einzelne mit Masse gefüllte Zellen durch Streifen. Oder er⁸⁾ baut die Platten aus sehr schmalen Trögen auf, von denen jeder mit einem Vor-sprunge in eine entsprechende Vertiefung des darüber

¹⁾ A. P. 480883—480887; E. P. 14813—14816/1892. — ²⁾ Elektrot. Zeitschr. (1891) 12, 651; (1892) 13, 687; Lum. él. 1891, 234. — ³⁾ A. P. 528445/1894. — ⁴⁾ A. P. 444969. — ⁵⁾ E. P. 4384/1890. — ⁶⁾ A. P. 482979. — ⁷⁾ A. P. 483562. — ⁸⁾ A. P. 483563.

stehenden passt. Sleicher und Mosher¹⁾ befestigen in Isolirrahmen quer Tröge von V-förmigem Querschnitte. Hough und March²⁾ bringen in einen Metallrahmen zwei Reihen horizontal liegender Tröge von trapezförmigem Querschnitte so an, dass ihre breiten Böden nach der Mitte zeigen.

Fig. 59.

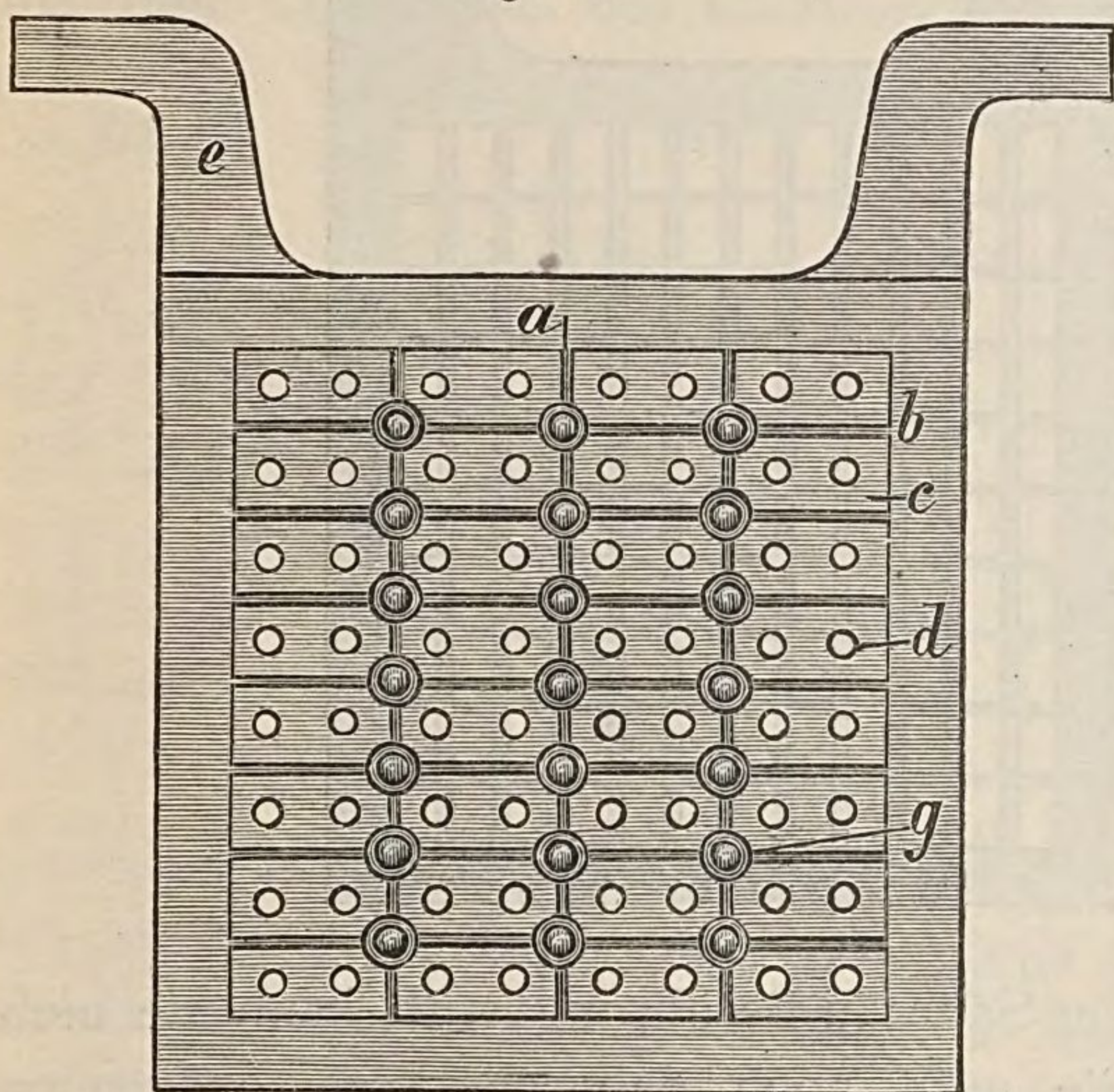
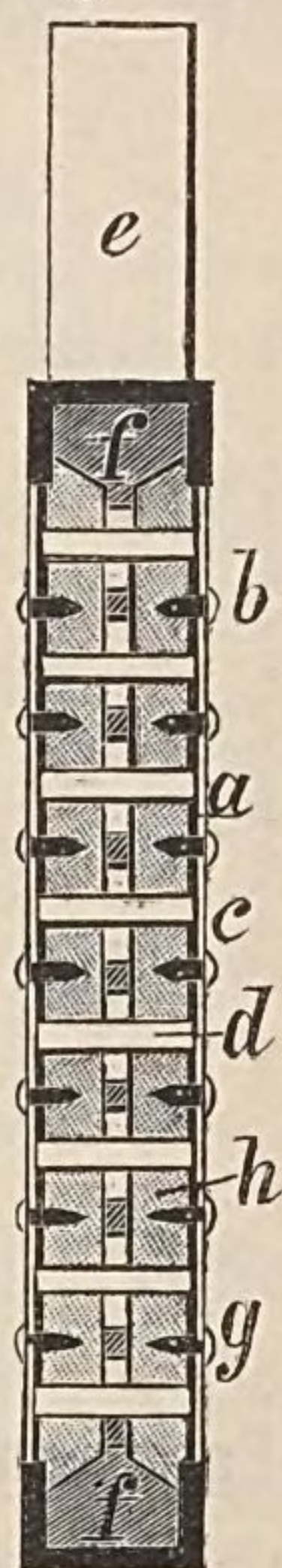


Fig. 60.

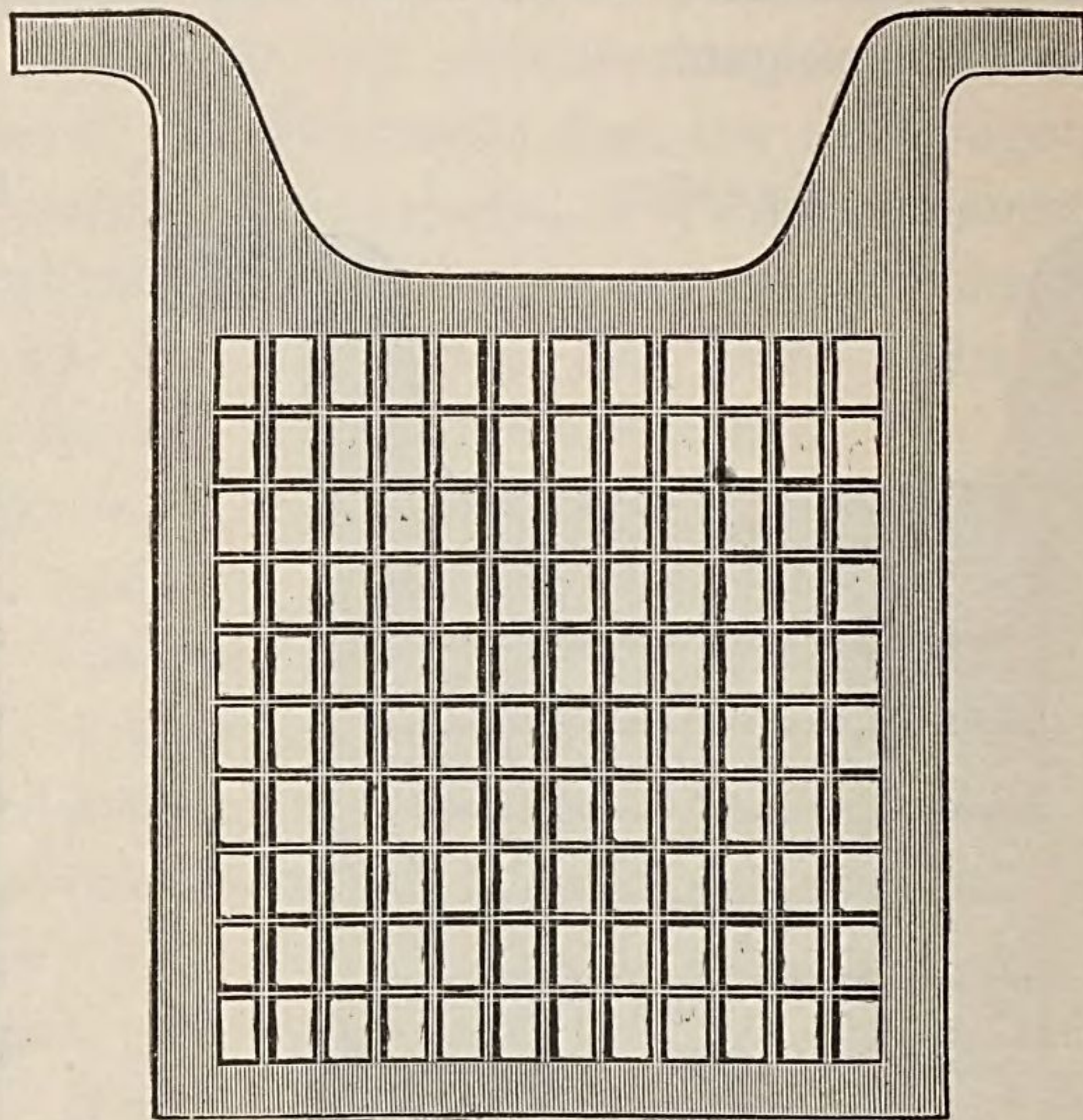


Wershoven³⁾ (Bleiwerk Neumühl, Morian & Cie.), der zuerst nachgewiesen hat, dass die positiven und negativen Träger abweichende Construction haben müssen, giebt nur der Anode taschenartige Gestalt. Sie besteht aus zwei Gittern. Die Zwischenräume zwischen den Rippen *a* und *b* (siehe Fig. 59 und 60) sind mit durch-

¹⁾ E. P. 6112/1892. — ²⁾ E. P. 3734/1893. — ³⁾ D. P. 9925/1878, 63880/1892, 79855/1894; G.-M. 3003, 19159, 30118, 31154.

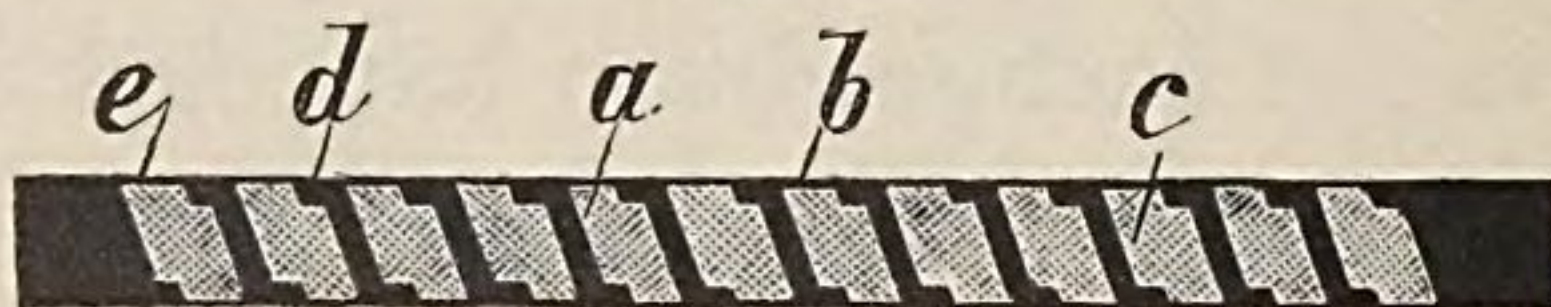
lochten Blechen *c* geschlossen, die Gitter an den Kreuzungspunkten *g* der Rippen durch Bolzen verbunden. Da die active Masse nur an den Durchlochungen *d* der

Fig. 61.



Taschen mit der Säure in Berührung tritt, kann sie nicht abbröckeln. Sie wird noch dadurch besser ausgenutzt,

Fig. 62.



dass zwischen die beiden Gitter eine Mittelplatte *e* eingeschoben wird, die ausser von dem massiven Rahmen *f* von der Füllmasse *h* vollständig umschlossen ist. Die Kathode (siehe Fig 61 und 62) besteht aus einem eng-

maschigen Gitter, dessen verticale, zur besseren Befestigung der Füllmasse *c* noch mit seitlichen Ansätzen *d* versehenen Rippen *a* die Oberfläche *b* schiefwinklig schneiden. Die Füllmasse wird mit den Rippen metallisch durch eine galvanisch hergestellte poröse Schutzdecke *e* zwischen den Gitterstäben verbunden. Da bei der Isolirung der Platten von einander durch mehr als zwei Röhren die freie Circulation des Elektrolyten gehindert wird,

Fig. 63.

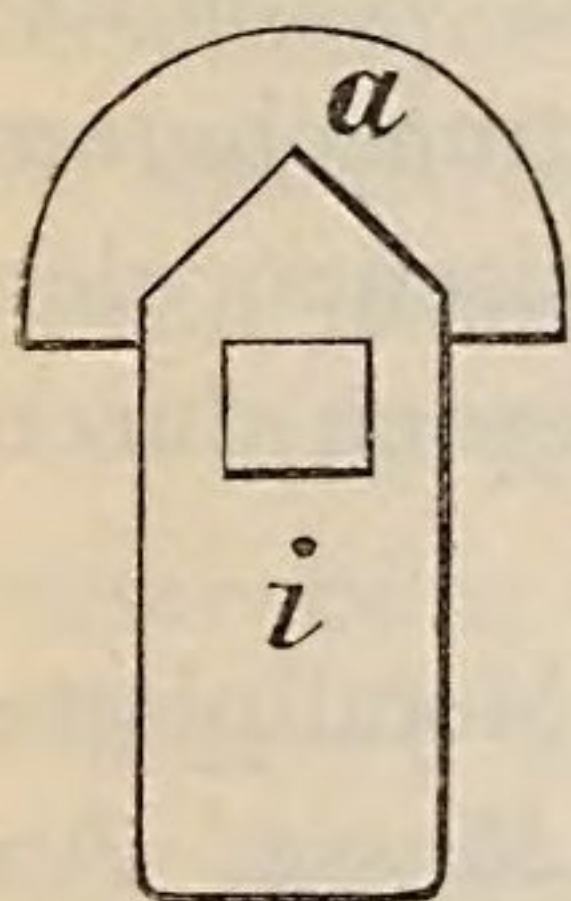


Fig. 64.

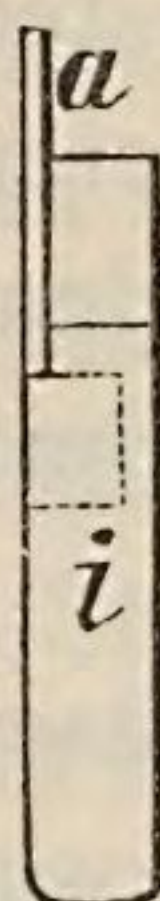
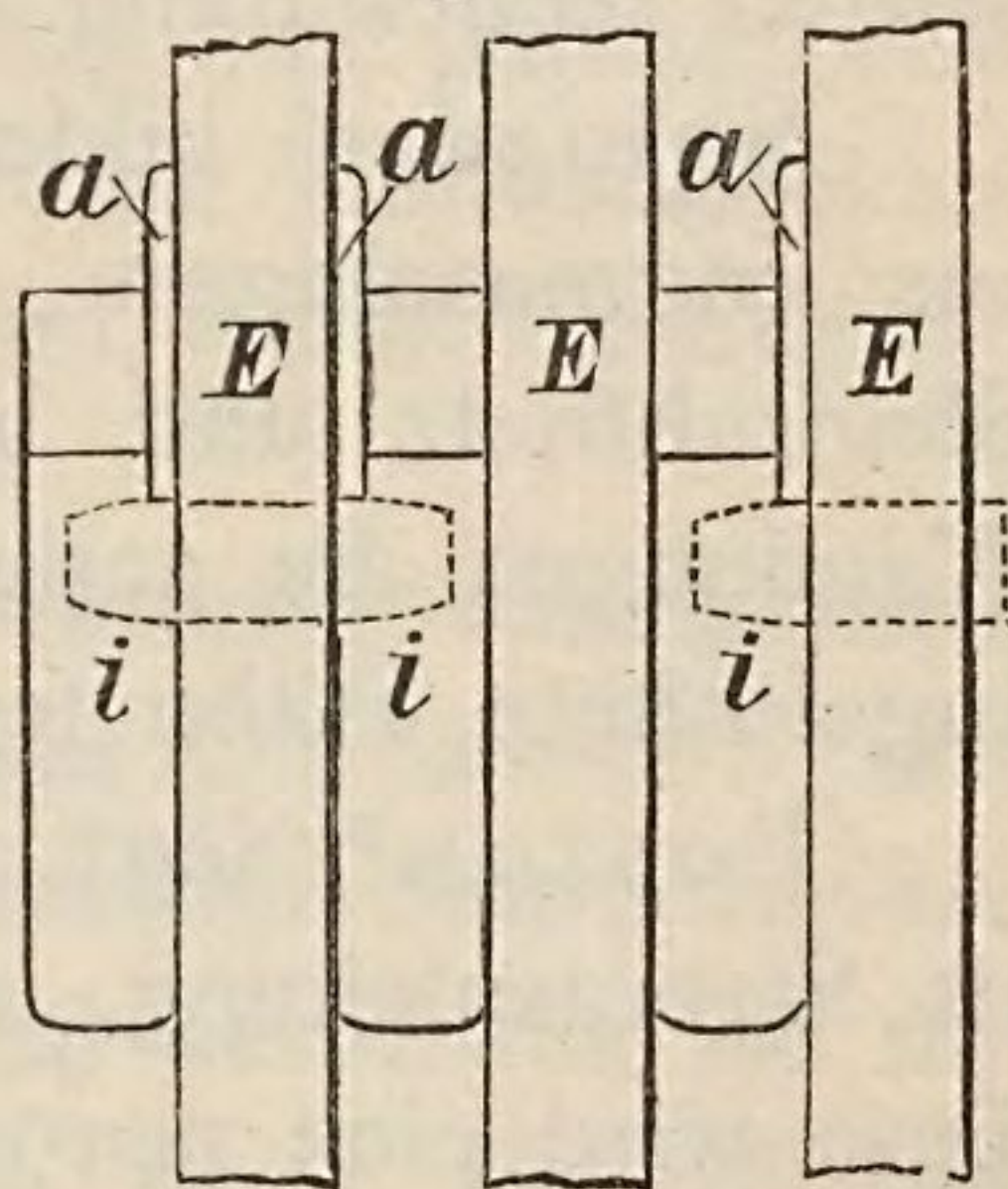


Fig. 65.



geschieht sie durch besondere, oben dachförmig abge-
schrägte und von einem Plättchen *a* (siehe Fig. 63 und 64)
überlagerte Körper *i*. Fig. 65 zeigt die Anordnung einer
Isolirung zwischen zwei Elektrodenplatten *E*.

Mit konischen Stacheln versieht Barbier¹⁾ einen
aus zwei durchlöcherten Bleischalen bestehenden Kasten
auf den Innenflächen. In einer mit leicht erhärtendem
Gummi, Harzen etc. gefüllten flachen Pfanne befestigt
Usher²⁾ die Elektroden. Diese bestehen aus haken- oder
kammförmigen Metallrahmen. Die verticalen Stäbe haben

¹⁾ A. P. 500978, 502643, 521970/1894; F. P. 221204. — ²⁾ E. P. 22311 u.
22312/1893.

entweder Nuthen und Ansätze oder sind korkzieherartig gewunden. Zwischen sie wird die active Masse gebracht. Dann bedeckt man die Rahmen beiderseits mit Platten aus Holz oder sonstigem porösen Materiale. Auch Ford¹⁾ und Moskowitz²⁾ füllen die active Masse in horizontal über einander liegende flache Näpfe oder Pfannen.

Mehrere auf einander liegende gewellte durchlochte Platten vereinigt Elieson³⁾ so, dass die gleichlaufenden Wellen zweier Platten die der dazwischen liegenden dritten rechtwinklig kreuzen.

Somzée⁴⁾ bildet einen Kasten mit innerer Wandung aus engmaschigem, mit äusserer aus weitmaschigem Bleidrahtnetz und bringt in den Raum zwischen den Wandungen die active Masse. Beide Netze werden durch angelöthete Stäbe festgehalten.

Poston⁵⁾ legt an die Gefässwand eine Metallplatte als Stromzuleitung, dagegen positive active Masse. An diese wird eine poröse metallische oder nicht metallische Scheidewand gestellt. Dann folgt der Elektrolyt, wieder eine poröse Platte, negative active Masse, eine Metallplatte, positive active Masse u. s. f., bis eine hinter der letzten negativen Masse stehende Metallplatte sich gegen die andere Gefässwand legt. Billige und dauerhafte Elektroden will G. E. Hatch⁶⁾ dadurch erhalten, dass er poröse, nicht leitende Platten auf beiden Seiten mit Riffelungen oder Höhlungen versieht, die gegen einander versetzt sind, diese mit dem activen Materiale umgibt und beiderseits von dünnen massiven Bleiplatten kastenartig umschliessen lässt. Wi ist jedenfalls ziemlich

¹⁾ A. P. 534603/1895. — ²⁾ A. P. 549649/1895. — ³⁾ A. P. 519602/1894. —
⁴⁾ D. P. 22781/1882. — ⁵⁾ A. P. 528740/1894. — ⁶⁾ D. P. 57195/1890.

gross. Ch. Bright füllt beide Abtheilungen einer Zelle, die durch eine poröse Wand geschieden werden, mit körnigem Bleisuperoxyd und stellt Bleiplatten hinein. Eaton¹⁾ mengt die Füllmasse mit Bleispänen, verfährt aber sonst ähnlich. Zwei nahe bei einander stehende Scheidewände schlägt Schmalhans²⁾ vor. Aus getrennten porösen Gefässen oder Säcken, die mit Mennige, beziehungsweise Glätte gefüllt sind und Bleiplatten als Stromzuleiter haben, bildet Kingzeff³⁾ die Elektroden. Auch der Akkumulator Ricchi's⁴⁾ hat eine poröse Zelle. Mischungen von Bleioxyd mit porösen Kohlenstücken, die mit Stromzuleitungen versehen sind, trennt Gandini⁵⁾ durch dünne poröse Scheidewände.

Aus Kautschuk, Ebonit, Fibrolithoid, vulcanisirter Faser oder ähnlichen Stoffen stellen Oblasser und Thery⁶⁾ Taschen mit siebartig gelochten Seitenwänden her, bringen active Masse hinein und verbinden sie mit den Wänden der Tasche und dem darin befindlichen Leiter durch schwachen, gleichmässigen hydraulischen Druck. Man kann auch die Masse in angesäuertem Wasser vertheilen und durch Rühren von aussen durch die Löcher der Seitenwände in die Tasche hineintreiben. Die hauptsächlich für Tractionszwecke bestimmten Akkumulatoren werden von The International Electric Storage Ltd. in London fabricirt. Bei einer ähnlichen Taschenelektrode, die sich besonders zur Herstellung von Hochspannungsakkumulatoren eignet, befindet sich nach von Kowalski⁷⁾ in dem durchlöcherten Celluloidbe-

¹⁾ El. Eng. N.-Y. (1891) 11, 325. — ²⁾ E. P. 9541/1892. — ³⁾ Lum. é. l. 1890, 558. — ⁴⁾ L'Elettricità 1890, 167. — ⁵⁾ E. P. 5021/1891. — ⁶⁾ D. P. 75349/1892; E. P. 19242/1892; A. P. 500978, 502643; F. P. 221204. — ⁷⁾ Zeitschr. Elektroch. 1895, 2.

hälter möglichst säurefester Papierstoff eingebettet. Die Füllung besteht aus einem Gemenge von Blei- und Antimon-oxyden, die Stromzuleitung aus Blei mit Antimon. Die Masse wird durch eintägiges Einstellen in eine Flüssigkeit compact gemacht. Die Capacität der Elektrode wird pro Kilogramm Platte durch mehrmaliges Formiren mit 3 A. 20 A.-St., durch 8tägiges Formiren 25—27 A.-St. Der Akkumulator, dessen Güteverhältniss allerdings nur 78 bis 82% erreicht, kann ziemlich stark beansprucht werden und hält Erschütterungen sehr gut aus. Er wird von der Societé Germano-Suisse de l'accumulateur et des procédés Theryc-Oblasser in Freiburg in der Schweiz hauptsächlich zur Beleuchtung von Eisenbahnwagen hergestellt. Durchlöcherte, mit activer Masse gefüllte Kästen aus Ebonit oder Celluloid verwenden auch Mc. Dougall, Adams und Smith¹⁾. Die stromzuführende Bleiplatte hat beiderseits ausgebogene Laschen, die sich an die Kastenwände legen. Wird die Hülle aus einem elastischen Sacke gebildet,²⁾ so wird die active Masse gut auf das Gerippe gedrückt. Bei der Elektrode von Faure und King³⁾ ist die active Masse von den durchlöcherten Ebonit- oder Celluloidwänden durch eine Schicht Asbestmasse, die gallertartige Kieselsäure enthält, getrennt.

Wardwell⁴⁾ schliesst die Füllmasse in cylindrische Kapseln ein, die an dem einen Ende offen sind, an dem anderen einen durchlöcherten Boden besitzen, steckt die Kapseln mit dem offenen Ende in am Boden durchlöcherte Höhlungen einer Platte und hält sie durch Umwalzen der Ränder der Vertiefungen fest. Die Kap-

¹⁾ E. P. 7657/1895; A. P. 537474. — ²⁾ A. P. 537475/1895. — ³⁾ A. P. 552425. — ⁴⁾ A. P. 424152.

seln können auch quadratisch sein und einen durchbrochenen Deckel haben.¹⁾ Ch. D. P. Gibson²⁾ presst die in Löcher der Bleiplatte eingeschobenen, mit activer Masse gefüllten Kapseln breit und durchlöchert ihre Verschlussflächen. Der Construction wird bei geringem Gewichte grosse Leistungsfähigkeit und Dauerhaftigkeit nachgerühmt. Die Platten werden jetzt horizontal³⁾ angeordnet. Aus durchlochtem Bechern, die mit activer Masse gefüllt sind, und Diaphragmen bilden Donaldson und Mc. Rae⁴⁾ die Elektroden. Runzelige Bleibüchsen stellt Steanes⁵⁾ mit hydraulischen Pressen dar.

Bei Philippart⁶⁾ stecken konisch gestaltete Elektroden in einander. Sie werden erhalten durch Zusammenpressen dreier Schichten, nämlich aus Blei oder einem anderen Metalle, activer Masse im Gemenge mit poröser Substanz, durchlochtem Celluloid oder anderem Isolirmateriale. Raab und Bastians⁷⁾ wollen in entsprechend gestalteten Elektroden die bei beschleunigtem Formiren nach Planté von den Platten abfallende active Substanz auffangen.

Washburn umgibt einen durchlöcherten Bleikasten mit einem mit Blei ausgeschlagenen Holzkasten, füllt den Zwischenraum mit activer Substanz und setzt dieser negativen Elektrode als positive eine perforirte weitere und mehrere perforirte engere Metallröhren gegenüber, die sich in einem mit wirksamer Masse gefüllten porösen Kasten befinden. Innen sind die Röhren leer. Das Güteverhältniss des von der Ford-Washburn Store Elec-

¹⁾ A. P. 443556. — ²⁾ D. P. 45992/1888. — ³⁾ E. P. 2091/1890. — ⁴⁾ A. P. 494062. — ⁵⁾ E. P. 889/1891. — ⁶⁾ D. P. 49356/1889. — ⁷⁾ D. P. 70195.

tric Co.¹⁾ hergestellten Akkumulators beträgt nach Langley und Mabery²⁾ 73—86⁰/₀ A.-St., der Nutzeffect 55—72⁰/₀ W.-St. Entladungen bis 1 V. und Erschütterungen schaden nicht. Mehrere durchlöchernte, unten geschlossene Hohlcyylinder stellt Cochran³⁾ in einander und füllt die Zwischenräume mit activer Substanz.

Canellirte Röhren aus Blei oder Bleilegirung ordnet Cheswright⁴⁾ in einem Rahmen dicht neben einander an und stellt durch Ausstreichen der Zwischenräume mit Füllmasse eine ebene Platte her. Barrier, Tourville und Godeau⁵⁾ drehen in 30 cm hohe Bleicyylinder rund herum 1—2 mm breite und etwas tiefere Nuten in 1 mm Abstand von einander ein und füllen sie mit Bleiglätte, die mit Syrup, Glycerin oder dergleichen angerieben ist. Durch Ineinanderstellen von 4 solchen Cylindern entsteht der »Elektrodock« genannte Akkumulator. In gerade oder spiralförmige Furchen, die sich innen und aussen an Bleiröhren befinden, die durch emaillirte Eisenstäbe versteift sind, presst Ler⁶⁾ die active Masse ein. Bartholomew⁷⁾ verwendet Röhren, in denen Rohrfutter durch nach innen vorspringende Erhöhungen oder Beulen festgehalten werden. Headland⁸⁾ füllt hohle durchlöchernte Stangen oder Stäbe so mit activer Masse, dass sie in die Löcher dringt und mit den Aussenflächen der Behälter abschneidet. Aehnlich ist die Elektrode Liardet's⁹⁾. In neben einander gestellte, der Länge nach aufgeschlitzte durchlöchernte Bleiröhren bringt Ernst¹⁰⁾ die wirksame

¹⁾ El. Eng. N.-Y. (1892) 13, 567. — ²⁾ El. Eng. N.-Y. (1893) 16, 42. — ³⁾ A. P. 434376. — ⁴⁾ E. P. 2360/1891. — ⁵⁾ Elektrot. Zeitschr. (1883) 4, 419. — ⁶⁾ Lum él. (1892) 46, 378. — ⁷⁾ A. P. 493007. — ⁸⁾ E. P. 15120/1892. — ⁹⁾ E. P. 14847/1894. — ¹⁰⁾ Elektrot. Zeitschr. (1890) 11, 454.

Substanz. Mischt man sie mit porösen, elastischen Materialien, wie z. B. Asbest, so wird sie fest gegen die Röhrenwände gepresst, wenn die Poren sich mit Flüssigkeit füllen.¹⁾ Die Röhren können auch²⁾ quadratische Löcher haben und so mit activer Masse gefüllt werden, dass in der Mitte ein Längscanal bleibt. Foote³⁾ biegt die mit activer Masse gefüllten durchlöcherten Röhren zickzackförmig hin und her und presst sie zu einer Platte. Whittier⁴⁾ webt oder flicht sie aus Bleidraht. In einen aus Wellblech oder Stäben gebildeten Hohlcylinder, der als Kathode dient, setzt Peyrusson⁵⁾ die Anode ein, die aus verticalen, an einem centralen Metallstabe zwischen zwei Horizontalplatten befestigten Metallblättern besteht. Der Akkumulator soll⁶⁾ auf 1 kg Plattengewicht mehr als 10 A.-St. liefern. In ein durchlöchertes, mit Asbest ausgelegtes Bleirohr setzt Vandermissen⁷⁾ central einen Bleistab ein, auf den abwechselnd Blei- und Bleioxydplatten aufgezogen sind.

¹⁾ El. Eng. N.-Y. (1891) 11, 158. — ²⁾ Lum. él. (1890) 41, 478. — ³⁾ A. P. 431341. — ⁴⁾ A. P. 436050. — ⁵⁾ A. P. 523371/1894. — ⁶⁾ Électricien [2] 5, 306; Elektrot. Zeitschr. 1893, 306. — ⁷⁾ E. P. 16702/1895.

e) Masseplatten.

Ganz aus activem Materiale bildet Currie¹⁾ die Platten. Sie werden mittelst Nuthen, in ganzer Grösse oder in vier quadratische Stücke getheilt,²⁾ in einen Metallrahmen eingeschoben. Die Masseplatte von Paget³⁾ ist von zwei dünnen durchlöcherten Metallplatten umschlossen. Mit Glaswolle umgiebt Morrison die Platten und senkt sie in ein durchlöchertes Kästchen aus nichtleitender Substanz.

Eine recht gute Stromzuführung für Masseplatten erreicht Pepper⁴⁾ dadurch, dass er das active Material um eine mit radialen Streifen oder einem Sector versehene Axe zu Platten formt, die Axe wegschmilzt, zwei Platten mit den so entstandenen Oeffnungen auf einander legt und diese mit Letternmetall ausgiesst. Mit Blei- oder Platinstreifen durchzieht Cuttriss⁵⁾ die eine Elektrode, welche die Gefässwandungen bedeckt. Die andere Elektrode ist ein mit wirksamer Masse bekleideter Bleikasten. Kitsee⁶⁾ durchzieht die active Masse mit einem Metallband oder theilt sie in mehrere Stücke, zwischen denen sich Metallstreifen befinden. Der Rahmen der Platte ist aus Kautschuk oder ähnlichem Materiale.

¹⁾ A. P. 422504 u. 422505. — ²⁾ A. P. 444392. — ³⁾ A. P. 457555. — ⁴⁾ A. P. 434457. — ⁵⁾ E. P. 997/1889. — ⁶⁾ A. P. 443454—443457.

Hering¹⁾ presst für die positiven Platten Blöcke aus Bleioxyd, das mit einer Bleisalzlösung angemacht ist, befestigt sie auf Stromzuleitungsplatten und presst je zwei positive Elektroden durch Ueberziehen elastischer Bänder und durch Verschraubungen gegen eine negative, die aus Bleischwamm in Blockform hergestellt ist und in der Mitte ebenfalls eine Stromzuleitungsplatte besitzt. Der Akkumulator ist nicht schwer, aber jedenfalls Kurzschlüssen leicht ausgesetzt und dürfte einen grossen Widerstand besitzen.

Dasselbe gilt auch wohl von dem sehr ähnlichen »Atlas-Akkumulator« von Hering, Abakanowicz, d'Arsonval und Picou²⁾, der in England viel von sich reden machte, weil ihm grosse Porosität der Masse und hohe Capacität nachgerühmt wurde, und von dem Aldrich's³⁾, der die Stromzuführungsplatte lose in einen Schlitz des activen Blocks aufnimmt.

A. Tribe⁴⁾ presst pulverförmiges Bleisuperoxyd in einen Rahmen, der drei Seiten aus Holz, Schiefer, Porzellan oder dergleichen, eine aus leitendem Materiale hat, und stellt diese Platte einer metallischen Bleiplatte gegenüber. Knowles⁵⁾ sulfatisirt ein Gemisch aus 75⁰/₀ Mennige und 25⁰/₀ Bleiglätte vor der Benutzung zu Platten erst vollständig. Feste Platten will Müller⁶⁾ durch Pressen eines Gemisches aus 3 Th. Retortengraphit und 1 Th. Bleioxyden herstellen. Sie werden durch Wände aus Hanf, Flachs, Asbest, Wolle, Glaswolle oder einem anderen Materiale, das durchlässig,

¹⁾ A. P. 429272—429274. — ²⁾ El. Rev. 28, 207; Elektrot. Zeitschr. (1891) 12, 72, 120. — ³⁾ A. P. 451445. — ⁴⁾ D. P. 23817/1882. — ⁵⁾ A. P. 538919/1895. — ⁶⁾ D. P. 20833.

aber widerstandsfähig gegen den Elektrolyten und ein schlechter Leiter ist, getrennt. Zur Verringerung des Widerstandes empfiehlt es sich, diese Scheidewände spiral- oder zickzackförmig zu gestalten und zwischen sie obiges Graphit-Bleioxydgemenge zu füllen. Aehnlich stellen G r o u t, J o n e s und S e n n e t¹⁾ ihre Platten her. Sie mischen ein Bleioxyd oder -Salz mit Stärkemehl und eventuell noch anderen organischen Substanzen, rühren mit Wasser, Syrup, Oel oder dergleichen an, formen aus dieser Paste unter Zwischenlegen von Bleidrähten, die später zur Stromzuführung dienen, Platten, trocknen diese und erhitzen in Holzkohle oder Sand auf schwache Rothgluth. Die organische Substanz verkohlt und reducirt die Bleioxyde zu Metall.

Durch faseriges Material bindet B r i s t o l²⁾ die active Masse. Die Stromzuleitungen haben die Gestalt von Steinschrauben oder schwalbenschwanzförmigen Querschnitt. Mit Haaren oder Hartgummiwolle kneten F r e u n d und B r i s t o l³⁾ die Bleioxyde zu einem steifen Brei. Die mit Einlage von mechanisch widerstandsfähigen Leitern versehenen Platten werden durch keilförmige oder federnde Stäbe aus nichtleitendem Materiale gegen die Wandungen schmaler Zellen gepresst. C. H. W e i s e⁴⁾ bringt in die breiartige Masse Durchschussfäden aus Cellulose oder dergleichen, die nach dem Formiren an der Luft zerfallen (?) und dadurch Canäle für den Elektrolyten bilden. Sehr haltbar sind die von A r o n⁵⁾ angegebenen Platten. Zu ihrer Herstellung mischt er Bleiglätte

¹⁾ D. P. 21376. — ²⁾ A. P. 493817; E. P. 9854/1888. — ³⁾ D. P. 75152/1892. — ⁴⁾ D. P. 86211. — ⁵⁾ D. P. 21957/1882.

mit Collodium. Zur Vergrößerung der Haltbarkeit und der wirksamen Oberfläche wird noch Asbest zugegeben. Die Oxydation der Anode wird durch den bei der Ladung abgespaltenen Salpetersäurerest der Schiessbaumwolle begünstigt. Auch um Haltbarkeit zu erzielen, empfiehlt R. L a n g h a n s ¹⁾, die active Masse mit einer Lösung von Kautschuk, Guttapercha oder Paraffin in Schwefelkohlenstoff, flüchtigen Kohlenwasserstoffen oder dergleichen anzureiben, aus dieser Paste Platten zu formen und das Lösungsmittel dann verdunsten zu lassen. Auch L ü t c k e ²⁾ formt die Platten unter Zuhilfenahme von Kautschuklösung und überschüssigem Schwefel.

Cementhart werden die Platten nach V e r d i e r ³⁾, wenn man Bleioxyde mit Pflanzenölen oder einer Mischung von Glycerin und Wasser zu einem dünnen Brei anmacht und an der Luft trocknen lässt. Die durchlochten Platten werden in einer Lösung von Natriumsulfat in einem Gemische von Glycerin und Wasser in Schwammplatten verwandelt. Diese werden in verdünnter Schwefelsäure zu Superoxydplatten formirt. Die Elektroden werden horizontal eingebaut. Die Platten mit je 400 m² grosser Oberfläche des neunplattigen Akkumulators wiegen 20 kg und haben ein Aufspeicherungsvermögen von 400 A.-St., die mit je 100 m² Oberfläche des elfplattigen wiegen 6 kg und haben eine Capacität von 125 A.-St. N e r v i l l e fand bei einem Sammler von 6·8 kg Gesamtgewicht und 2·4 kg Platten-
gewicht:

¹⁾ D. P. 45136/1888. — ²⁾ D. P. 70032. — ³⁾ El. Eng. London (1892) 10, 261.

	I. Ladung und Entladung	II. Ladung und Entladung	III. Ladung und Entladung
Ladestrom auf 1 kg Plattengewicht	1·0 A.	0·8 A.	0·8 A.
Hineingeladen	?	81·5 A.-St.	85·0 A.-St.
Entladestrom auf 1 kg Plattengew.	2·5 A.	1·0 A.	2·8 A.
Entnommen	77 A.-St.	67·5 A.-St.	58·5 A.-St.
Capacität auf 1 kg Plattengewicht	32·08 »	28·12 »	24·37 »

Spannungsabfall bei der Entladung von 2·0 auf 1·85 V.

Sehr poröse und doch widerstandsfähige Platten erhält Desruelles¹⁾, indem er ein Gemisch aus porösen unlöslichen Substanzen und Albumin zusammenknetet, presst, formt und dann durch Hitze das Eiweiss coagulirt. Er presst z. B. nach Sheet²⁾ ein Gemenge aus 60 Th. Bleisuperoxyd, 40 Th. Graphit, 25 Th. pulverisirtem Porzellan und 10 Th. Eiweiss unter Druck zusammen, trocknet und erhitzt. Sehr feste Platten stellen Dannert und Zacharias³⁾ mit Hilfe von Chromgallerte her.

Böse⁴⁾ erhält Masseplatten durch Mischung von Bleioxyden mit Lösungen von Theerdestillationsrückständen. Nach dem Verdunsten des Lösungsmittels werden sie in Schwefelsäure gebadet, wodurch sie cementhart werden. Messungen der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt an einer Zelle aus 3 Platten, deren jede 0·5 kg wog, ergaben bei einer Entladung bis 1·8 V. für das positive Elektrodenkilo eine Capacität von 62 A.-St. und einen Wirkungsgrad von 91⁰/₀. Die Akkumu-

¹⁾ D. P. 61620/1891; E. P. 4877/1891. — ²⁾ Lum. él. (1892) 43, 598. —

³⁾ D. P. 82798/1894. — ⁴⁾ D. P. 78865/1892; E. P. 11532/1892; über Constructionseinzelheiten vgl. G.-M. 8463, 16606, 30039, 31401, 38335.

latoren, von denen sehr viele in Deutschland zur Beleuchtung von Postwagen verwendet werden, sind zu empfehlen.

Durch Mischung von Bleioxyden mit Phenolen, Kresolen und ähnlichen Verbindungen stellt S. H a m m a c h e r¹⁾ Masseplatten her, die durch Bildung basischer Phenolate etc. erhärten. Sie besitzen eine gute Leitfähigkeit, denn die trockene positive active Masse zeigt durchschnittlich nur etwa 9 S.-E. Widerstand zwischen den parallelen Flächen eines Massewürfels von 1 m³ Inhalt. Bei Entladungen von 1 A. auf 1 m² positiver Plattenoberfläche setzt die Spannungscurve bei 2·2 bis 2·1 V. ein, um in gleichmässigem Gefälle bei 1·72 V. nach abwärts zu knicken. Bei Entladungen von 2·5 bis 3 A. auf 1 m² positiver Plattenoberfläche setzt die Curve bei etwa 2·1 V. ein, fällt gleichmässig bis auf etwa 1·55 V. und knickt an diesem Punkte. Bei Entladungen von 2·6 V. ab bis 1·8 V. mit 1 A. auf 610 g positiver Platte fand die Physikalisch-technische Reichsanstalt bei einer zwölfstündigen Unterbrechung die Capacität für 1 kg positiver Platten zu 60 A.-St., bei Entladungen von 2·6 auf 1·6 V. mit demselben bei 8 zwölfstündigen Unterbrechungen 74·7 A.-St. Siemens & Halske bestimmten den Wirkungsgrad zu 96⁰/₀ A.-St., den Nutzeffect zu 86⁰/₀ W.-St. Den Platten soll ohne Schaden dauernd das Sechsfache des normalen Entladestromes entnommen werden können. Kurzschlüsse, deren Gesamtstromverbrauch 75⁰/₀ der normalen Capacität nicht übersteigt, sollen für die Platten nicht nachtheilig

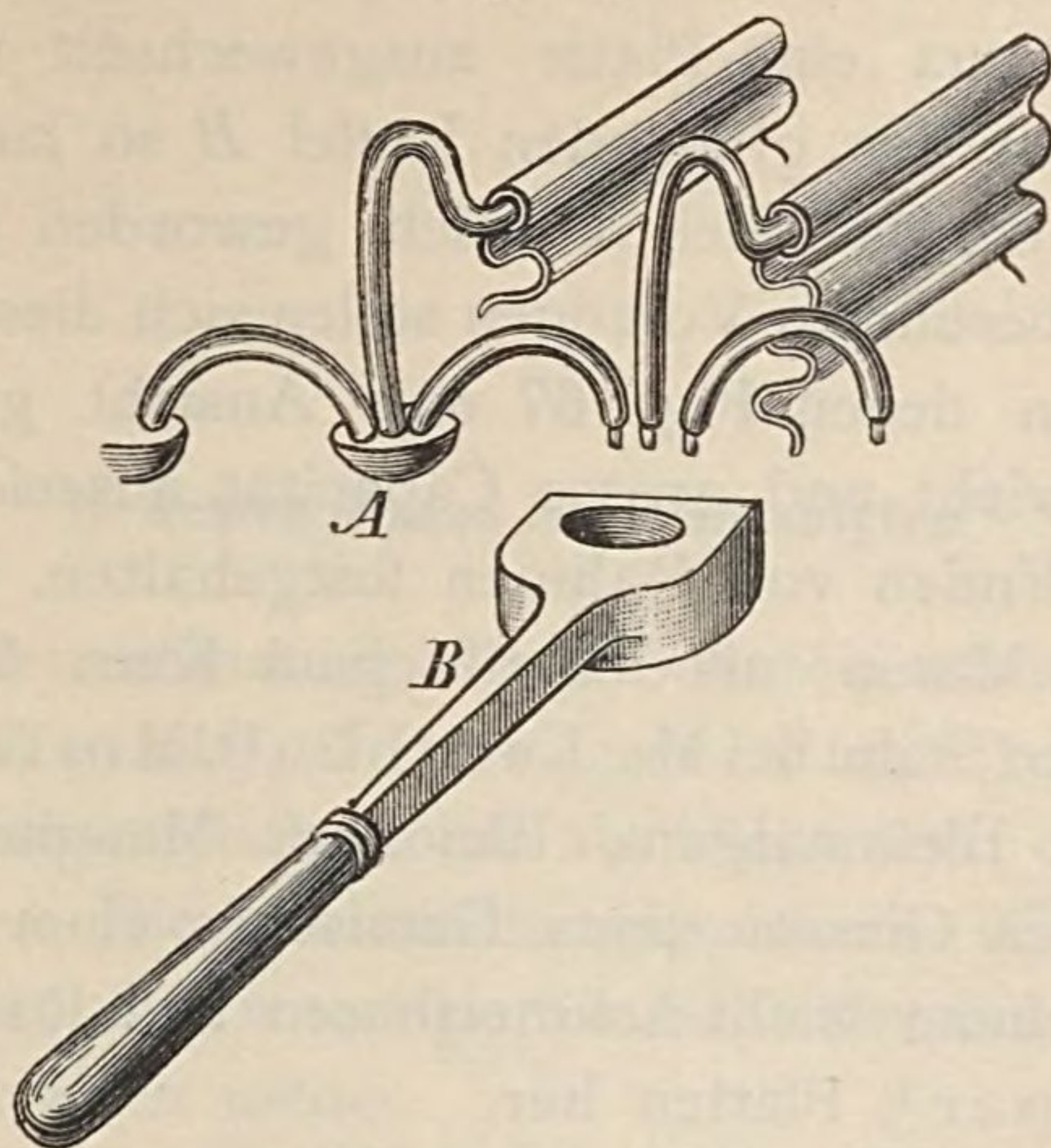
¹⁾ E. P. 9937/1895.

sein. Eine gefüllte Zelle von 175 A.-St. Capacität wiegt nur 8.5 kg.

Wenig Werth scheinen die Vorschläge der Akkumulatorenwerke Hirschwald, Schäfer und Heine mann¹⁾, deren Zellen jetzt von Watt, Akkumulatorenwerke in Berlin fabricirt werden, zu haben, die wirksame Masse mit Rohglycerin anzumachen, und der Heinze's²⁾, die verschiedensten Ester bei der Darstellung der Platten zu verwenden und die Formirung unter Mitwirkung von Manganverbindungen vorzunehmen. Ganz wunderliche Vorschriften unter Heranziehung von Cellulose, Mononitrocellulose, Schiessbaumwolle, Mono- und Dinitrobenzol, Theer, Schwefelkohlenstoff etc. fördert Hübner³⁾ zu Tage. F. Clas und J. F. Weyde⁴⁾ stellen durch hydraulischen Druck dickwandige Hohlcyylinder her, von denen die negativen mit mehr Löchern als die positiven versehen sind. Die positiven Stäbe werden, durch metallene Schieber getrennt, senkrecht in zwei elastische Metallfassungen eingeklemmt. Zur Versteifung der Platte werden die beiden äusseren Cylinder aus festem Metall genommen. Die negativen Stäbe klemmt man wagrecht in ein vielfach durchlohtes wellenförmiges Metallblech ein. Die Formirung der beiden Plattenarten erfolgt in ein für alle Mal dazu bestimmten Fassungen, geht also ziemlich schnell vor sich. Vor dem Einsetzen in die Zelle kommen die Stäbe in neue Fassungen. Diese halten lange, da nur die Stäbe an dem chemischen Process theilnehmen. Um die einzelnen Platten leicht herausnehmen und repa-

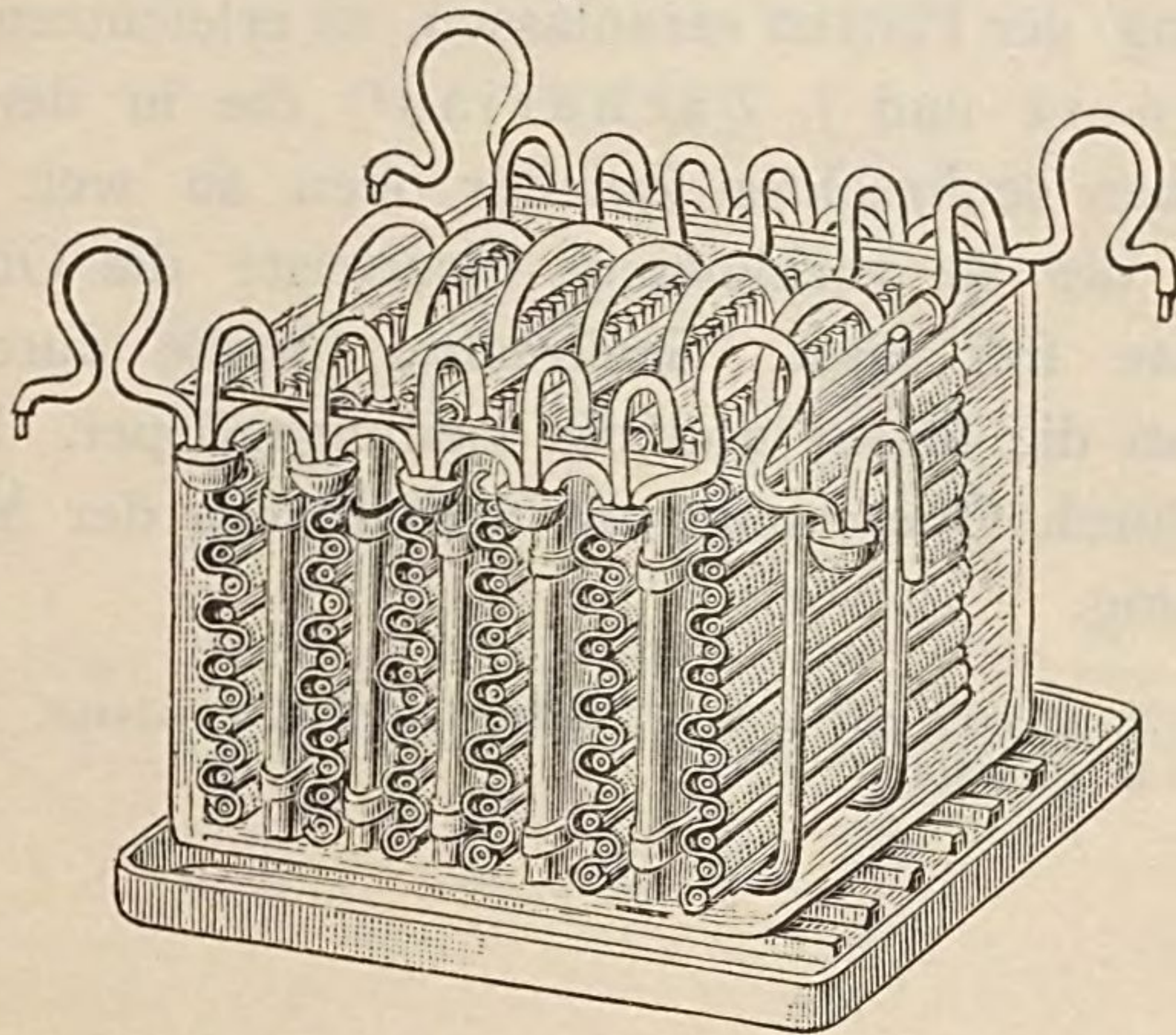
¹⁾ D. P. 80420, 82787, 82792. — ²⁾ D. P. 80201. — ³⁾ D. P. 82111; E. P. 19934/1894, 8011/1895. — ⁴⁾ D. P. 50270/1889.

Fig. 66.



riren zu können, werden die an jede Platte angesetzten, seitlich über die Zelle hinausgebogenen Metallstäbe in

Fig. 67.



einem besonderen Löthlöffel *B* (siehe Fig. 66) fest verlöthet. Soll nun eine Platte ausgewechselt werden, so hält man nur den glühenden Löffel *B* so lange an die Löthstelle, bis das Blei *A* weich geworden ist. Ausser den schon berührten Vorzügen sollen sich diese Akkumulatoren, von denen Fig. 67 eine Ansicht giebt, durch kleines Gewicht und grosse Capacität auszeichnen. Nur an beiden Enden von Rahmen festgehalten, werden die aus activer Masse mit metallischem Kern bestehenden cylindrischen Stäbe bei Mc. Laughlin¹⁾. Mori's Platten bestehen aus Bleiamalgam, Bleioxyd, Mangan oder Antimon. Durch Giessen eines Gemisches einer Bleiverbindung mit einem leicht schmelzbaren und löslichen Salze stellt P e p p e r²⁾ Platten her.

H o l l i n g s h e a d³⁾ schliesst Masseplatten in poröse Wände ein.

Um das Auswechseln der Masse zu erleichtern und besonders, um das Entweichen der Gase, welche die Zerstörung der Platten veranlassen, zu erleichtern, biegen F. Dannert und J. Zacharias⁴⁾ die in der Masse befindlichen senkrechten Zuleiter oben so weit seitlich ab, dass die sie verbindende Querleiste die Oberkante der Platte frei lässt. Senkrechte Canäle durchziehen ausserdem die Masse und die Leitungskörper. Letztere stehen durch Quercanäle mit dem Innern der Masse in Verbindung.

¹⁾ A. P. 427785; vgl. a. A. P. 432202. — ²⁾ A. P. 434458. — ³⁾ A. P. 434869. — ⁴⁾ D. P. 84810.

f) Active Masse im Elektrolyten.

Die Bleiverbindung, Oxyd oder ein unlösliches Salz soll nach Gerald, Fitz-Gerald und Jones¹⁾ der 10⁰/₀igen Schwefelsäure, die als Elektrolyt dient, zugesetzt werden. Die Umwandlungsproducte schlagen sich dann auf den durch eine poröse Scheidewand getrennten Elektrodenplatten nieder.

¹⁾ D. P. 30216.

2. Akkumulatoren mit anderen Bleiverbindungen als Oxyden.

Geschmolzenes Bleichlorid ist mehrfach zu Plattenconstructionen verwendet werden. Da man durch Giessen eine gleichmässiger Masse als durch das gewöhnliche Pasten erhalten kann, wird auch der Bleischwamm gleichmässiger ausfallen. Allerdings muss das Chlor nachher sehr sorgfältig aus den Platten entfernt werden, wenn die Träger nicht bald zerstört werden sollen; auch der Preis ist ein grösserer als der des Oxyds.

Die Société anonyme pour le travail électrique des métaux¹⁾ giesst Pastillen aus Bleichlorid,²⁾ befreit sie durch concentrirte Salzsäure von Oxychlorid, ordnet sie symmetrisch neben einander an und giesst die Zwischenräume mit einer Blei-Antimonlegirung aus. Das Bleichlorid wird einerseits elektrochemisch in schwammiges Blei, andererseits durch Erhitzen auf 250—300 Grad in schwammiges Oxyd umgewandelt. Neuerdings bestehen die positiven Elektroden aus antimonhaltigen Bleiplatten, die mit Näpfchen besetzt sind. Diese halten das Superoxyd fest.

¹⁾ D. P. 57053/1890. — ²⁾ Der Erfinder des Bleichlorid-Sammlers ist Cl. Payen (siehe S. 291).

Zwei Bleiroste, die mit einer dünnen Schicht eines schwer schmelzbaren Metalls bedeckt sind und Messingbolzen enthalten, umgiebt *Andreoli*¹⁾ mit einem geschmolzenen Bleisalz, z. B. Bleichlorid. Nach dem Gusse werden die Bolzen herausgezogen. In die so gebildeten Oeffnungen giesst man zur Erhöhung der Leitfähigkeit der Masse Blei. Statt die Gitter durch Ueberziehen mit Metall zu schützen, kann das Bleichlorid auch mit einem Flussmittel, wie Borax, das nachträglich entfernt wird, versehen werden. Als Kathode können zusammengepresste und amalgamirte, verschieden starke Metallgazen oder mit Thierkohle und Metallpulver gefüllte Gaze-rahmen dienen. Aus Bleichlorid oder einem anderen in Wasser löslichen, in Schwefelsäure aber unlöslichen Bleisalze und Bleioxyd besteht die Füllmasse bei *Lyte*²⁾. Durch Elektrolyse von Zink- oder Eisenchlorid unter Verwendung von Bleielektroden stellt *Currie*³⁾ Bleichlorid her, das dann durch Stromwendung zu Schwammblei reducirt wird.

Um das Bleichlorid leichter schmelzbar zu machen und sein Zerspringen beim Erstarren hintanzuhalten, giebt man ihm einen Zusatz von Zink- oder Cadmiumchlorid oder von beiden. *Andreoli*⁴⁾ hält diesen nicht für nöthig. *F. Leclerc* und *C. Payen*⁵⁾ giessen 8 mm dicke Platten aus einem Gemenge von 90—95⁰/₀ Bleichlorid und 10—5⁰/₀ Zink- oder Cadmiumchlorid. Diese Platten sind für die Kathoden quadratisch von 20 mm Seitenlänge und werden zu je 4 durch einen 3—4 mm

¹⁾ E. P. 18807/1892. — ²⁾ A. P. 422308; E. P. 3452/1883. — ³⁾ D. P. 66662. — ⁴⁾ El. Rev. (1893) 33, 494. — ⁵⁾ A. P. 440267—440277, 440575; J. Frankl. Inst. (1894) 138, 241.

dicken Salzstreifen zusammengehalten. Die Anoden bestehen aus runden Plättchen mit V-förmigem Rande. Sie werden mit antimonhäftigem Blei unter hohem Drucke umgossen. Das Bleichlorid wird in Metall übergeführt, indem die Platten zwischen zwei Zinkblechen in eine Ammoniumchlorid- oder verdünnte Zinkchloridlösung tauchen. Dann wird das Zinkchlorid ausgewaschen. Die Formirung der Anoden wird beschleunigt, wenn man sie erhitzt und einige Zeit der Einwirkung von Luft oder Sauerstoff aussetzt. Getrennt werden die Elektroden durch Asbest. Identisch damit ist das Verfahren der Electric Storage Battery Comp.¹⁾ und das von Currie²⁾. Auch Laurent-Cély und Timmis³⁾ setzen dem Bleichlorid 20% Zinkchlorid, Cadmiumchlorid oder eines Gemenges beider zu, giessen in parallelepipedische Tafelchen, die sie durchlöchern und in grösserer Anzahl durch Umgiessen mit Hartblei zu einer Platte vereinigen. Das Zinkchlorid wird dann durch angesäuertes Wasser herausgelöst. Die Formirung geschieht durch Kurzschluss mit Zinkplatten oder wohl billiger durch äussere Stromzuführung mit Platinplatten als Gegenelektroden. Die fertigen Platten werden durch isolirende durchlöchernte Wände getrennt, die Anoden mit Asbestgewebe umgeben. Der Ladestrom für 2·2 kg Plattengewicht beträgt 0·5 A., der Entladestrom 1 A., die Capacität auf 1 kg Plattengewicht 11—13 A.-St., das Güteverhältniss 90%, der Nutzeffect 75—85%.⁴⁾ Monnier's Verfahren bietet nichts Neues.⁵⁾ Lloyd (The

¹⁾ Elektrot. Zeitschr. (1890) 11, 598. — ²⁾ El. Rev. (1890) 27, 477. —

³⁾ A. P. 446527. — ⁴⁾ Elektrot. Zeitschr. (1893) 14, 675. — ⁵⁾ Vgl. a. Gibbs, El. Eng. N.-Y. (1893) 16, 335, 480.

Chloride Electrical Syndicate¹⁾ trennt die Elektroden durch dünne, mit Rippen versehene, gross durchlöchernte Holzplatten.

Eine Schicht von Bleisulfid bildet Schulze²⁾ dadurch auf den Trägern, dass er Schwefelblumen in Rillen der Platten einstreut oder einen wässerigen Brei davon mit dem Pinsel aufträgt und dann vorsichtig erhitzt. 8 kg Plattengewicht entspricht nach Hallwachs einem Aufspeicherungsvermögen von 50.000 Coulombs. Statt Blei kann man als Träger auch ein anderes Metall oder Kohle verwenden. Man trägt dann natürlich fertiges Schwefelblei, auch im Gemische mit Kokspulver oder anderen indifferenten Substanzen auf. Aus Bleiglanz, einem Bindemittel und Bleioxyd beziehungsweise Bleisuperoxyd bilden Morris und Salom³⁾ die Platten. Kirkpatrick, Picard und Thame⁴⁾ pressen Platten aus einem feuchten Gemenge von Bleisulfid, Mennige und Knochenasche, bestreuen mit Thierkohle, trocknen und erzeugen durch Erhitzen schwammförmiges Blei. Oder sie⁵⁾ giessen ein geschmolzenes Gemisch von Blei und Bleisalzen, besonders Bleiglanz (?) in eine erhitzte Form.

Bleisulfat als active Masse bildet de Kabath⁶⁾ dadurch, dass er Bleiplatten einige Zeit in nicht völlig concentrirte Schwefelsäure taucht. Je zwei Platten von $\frac{1}{2}$ und $\frac{1}{10}$ mm Dicke werden über einander gelegt und mit einer Hülle aus Pergamentpapier umgeben, die das Abfallen der Umwandlungsproducte verhütet. In Bleiröhren, die mit Längseinschnitten versehen und durch metallene Zangen zu einem Bündel vereinigt sind, füllt

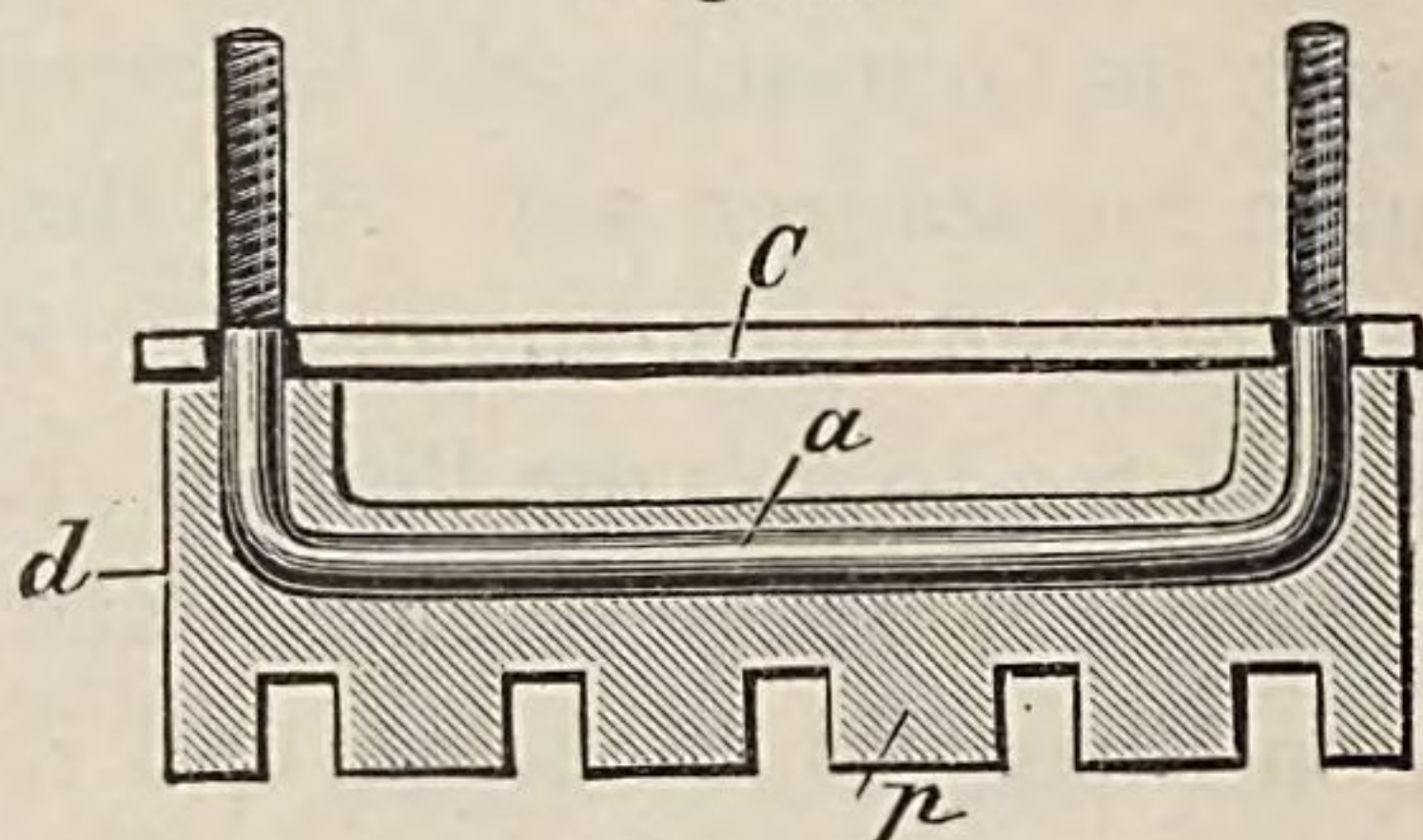
¹⁾ E. P. 11147/1892, 12954/1895. — ²⁾ D. P. 21454. — ³⁾ A. P. 466138. —

⁴⁾ E. P. 10855/1892. — ⁵⁾ E. P. 660/1893. — ⁶⁾ D. P. 21168.

Gimé das Bleisulfat ein. Rousseau¹⁾ macht Bleisulfat mit Natriumchloridlösung an und mengt in den Teig Haare.

Swan²⁾ trägt auf zellenförmig gewellte, gerunzelte oder mit irgend welchen anderen Vertiefungen versehene Bleiplatten fein vertheiltes Blei auf und erzeugt dann durch gleichzeitige Einwirkung von Essigsäuredämpfen, Kohlensäure und atmosphärischer Luft basisches Carbonat. (Vgl. Pollak, S. 224.) Platten, die oberflächlich

Fig. 68.



oder in ihrer ganzen Masse in Bleicarbonat verwandelt sind, formirt M. Willot³⁾ in Ammoniaklösung. Dadurch wird die Bildung von Bleisulfat vermieden. Aus einer Mischung von feuchtem sauren Bleicarbonat und -Acetat presst Hering⁴⁾ Platten. Nach dem Durchlöchern, Trocknen und Härten in Schwefelsäure wird formirt und zuletzt aus Bleinitratlösung eine dünne harte Schicht von Superoxyd auf der Oberfläche niedergeschlagen. Wie die Platten eingebaut werden, ist schon S. 281 beschrieben.

¹⁾ E. P. 11004/1891. — ²⁾ D. P. 20523. — ³⁾ D. P. 86237. — ⁴⁾ D. P. 57551/1890; E. P. 8578/1890.

J a r m a n ¹⁾ schneidet Scheiben aus einer gegossenen Mischung von Bleihyposulfit, Bleiacetat und etwas Menige, ordnet diese neben einander in Plattenform an und giesst in die Zwischenräume eine Aluminiumbleilegierung. Der Elektrolyt ist saure Alaunlösung, Kali- oder Natronlauge oder Natriumthiosulfatlösung. Als Stromzuführung²⁾ dient ein verzinnter Kupferstab *a* (siehe Fig. 68), um den eine bleierne Brücke *d* gegossen ist. Diese nimmt in Ausschnitten *p* die Platten auf. Durch Muttern, die in Schraubengängen des beiderseits rechtwinklig aufwärts gebogenen Stabes *a* gehen, wird eine Kupferstange *C* fest aufgeschraubt.

C u r r i e ³⁾ umhüllt Stifte aus Blei, die an ihrem verdickten Ende durch einen Streifen vereinigt sind, mit einem grösseren Sack aus Asbestgewebe und füllt diesen mit einem Bleisalz.

Die aus isolirenden Streifen gebildeten Platten von B e e m a n, T a y l o r und K i n g werden mit Bleisalzen oder Bleilegierungen überzogen.

¹⁾ E. P. 6236/1890; Elektrot. Zeitschr. 1890, 574. — ²⁾ Lum. él. 38, 227. —

³⁾ A. P. 447279, 450834, 453995, 459491; E. P. 3331/1891.

3. Verschiedene Abänderungsvorschläge.

Wenn einem Metalle ein anderes, das zur Bildung höherer Oxyde neigt, zugesetzt wird, wird nach R i g u e l l e¹⁾ die Oxydationsenergie des ersteren erhöht. So oxydirt sich eine Bleizinnlegirung $Pb_3 Sn$ schneller als reines Blei. Durch Verwendung der Verbindung in fein vertheiltem porösen Zustande statt des Bleischwammes kann die nutzbare Klemmenspannung eines Akkumulators von 1.97 auf 2.25 V. erhöht werden. Auch Legirungen von Chrom mit Blei und Antimon mit Eisen oder Zink (57:43 Th.) verhalten sich ähnlich. Da die negativen Endplatten mit doppelt so grosser Capacität wie die Mittelplatten auf die positiven wirken, werden sie stärker beansprucht und gebogen. Dies will L a n g e l a a n²⁾ dadurch vermeiden, dass er ihre Capacität und Oberfläche durch Anbringung von Löchern auf die Hälfte herabdrückt. Flüssigkeitscanäle im Innern haben die Platten von M e n g e s³⁾, die von einander isolirt werden. Die aus einem Stücke hergestellte Platte O s b u r n's⁴⁾ hat Behälter. Zwischen ihnen und den Enden der in ihnen angebrachten Längsschlitze befindet sich ein dünnes biege-

¹⁾ E. P. 22674/1893. — ²⁾ E. P. 20306/1895. — ³⁾ D. P. 83672. — ⁴⁾ A. P. 478018.

sames Gewebe. Die Gitter schützt Fitz-Gerald¹⁾ durch einen elektrolytisch erhaltenen Goldüberzug, Danziger²⁾ durch eine feine Krystallschicht von Kaliumsulfat und -Bisulfat, die zugleich das Abfallen der activen Masse erschwert, sie innig mit dem Leiter verbindet und Wi vermindert. Um den Angriff des Trägers zu vermeiden, bildet Hanford³⁾ durch Formirung in alkalischer Bleilösung mit schwachem Strom zunächst eine Schicht dichten Superoxyds, dann erst durch höhere Stromdichte eine poröse. Morris⁴⁾ presst die Gitterstäbe etwas zusammen, wodurch die Platten fest und dicht werden.

Roney⁵⁾ entfernt von einem Blatte Papier Leimung und Bindemittel, überzieht beiderseits mit vulcanisirtem Kautschuk, durchlöchert und füllt die Oeffnungen mit activem Materiale. Platten aus Holzstoff- oder Cellulosepappe mit Beimischung activer Substanz und einer Unterlage von Bleifolie stellt O. Vogel⁶⁾ her. Die geriffelten und durchlochten gepasteten Platten von Bright und Mercier⁷⁾ haben eine Unterlage von Asbestgewebe oder dergleichen. Hatch⁸⁾ trägt die active Masse auf poröse Thonplatten von zickzackförmigem Querschnitt auf, die den Elektrolyten einsaugen. Zwischen je zwei solcher Platten kommt ein dünnes Bleiblech. Sollten die Thonplatten genügend widerstandsfähig gegen Schwefelsäure sein?⁹⁾

Den Träger webt oder wirkt R. J. Gülcher¹⁰⁾ aus nichtleitendem und gegen den Elektrolyten widerstands-

¹⁾ E. P. 9628, 9629/1891. — ²⁾ D. P. 84186/1895. — ³⁾ Bull. intern. de l'él. 1890, 46. — ⁴⁾ A. P. 432834. — ⁵⁾ A. P. 549079/1895. — ⁶⁾ D. P. 60742/1891. — ⁷⁾ E. P. 13381/1892. — ⁸⁾ E. P. 19155/1890. — ⁹⁾ Zeitschr. Elektroch. (1896) 2, 562. — ¹⁰⁾ D. P. 80527/1894; E. P. 6947/1894.

fähigem Stoff, wodurch die Platte bei aller Biegsamkeit fest werden soll und in allen Theilen, vermöge des durch die Capillarität gewährleisteten leichten Eindringens des Elektrolyten, gleichmässig wirken kann. Auf und zwischen die aus Schafwolle oder besser aus ganz feiner, sehr elastischer Glaswolle bestehenden Fäden des Gewebes wird Bleischwamm niedergeschlagen. Zu dem Zwecke tränkt man mit concentrirter Bleiacetatlösung, bringt in verdünnte Schwefelsäure und reducirt zwischen schräg gestellten, mit Filtrirpapier bedeckten Zinkplatten in Kochsalzlösung oder schwach mit Salzsäure angesäuertem Wasser.

Nach Angaben des Erfinders haben seine Akkumulatoren eine Capacität von 40 A.-St. auf 1 kg positiver Elektroden oder von 6 A.-St. auf 1 kg Bruttogewicht. Die Ladungen waren aber 6—7stündig, die Entladungen 10—12stündig, so dass bei Anwendung normaler Zeiten die Resultate weniger glänzend ausfallen würden. Bei gleich grosser Capacität sollen die Akkumulatoren nur ein Drittel so schwer sein wie die Tudorschen. Von zwei grossen Berliner Firmen wurden zwei der grössten Elemente auf ihre Brauchbarkeit für Traktionszwecke hin untersucht. Nach dreimonatlichem Rütteln und Stossen bei gleichzeitigem Laden und Entladen waren sie noch ganz unversehrt und hatten an Capacität nichts eingebüsst.

Nach einem anderen, durch Gebrauchsmuster geschützten Verfahren kann das Gewebe auch aus Bleidrähten als Kette und Fäden aus Glaswolle, Glas oder Quarz als Schuss hergestellt werden. Ein zweites Gebrauchsmuster zieht Elektroden vor, die mit Glaswolle umwickelt sind und

von zwei Ständern aus isolirendem Materiale getragen und federnd gegen einander gedrückt werden. Die beiden Ständer sind oben durch Kammplatten aus isolirendem Materiale, in deren Zahnücken die Nasen der Elektroden aufliegen, unten durch Stäbe verbunden.

Aus der bei den Primär-Elementen (siehe S. 43) besprochenen Lithanode wollen Fitz-Gerald u. Hough¹⁾ auf folgende Weise Platten herstellen. Lithanode wird unter hydraulischem Druck um eine elektrolytisch mit Bleisuperoxyd überzogene Bleiplatte gepresst. Nach dem Erhärten wird noch völlig in Superoxyd verwandelte Lithanode aufgetragen und dann in Magnesiumsulfatlösung durchformirt. Der Process kann wiederholt werden. Statt der reinen Lithanode kann bei dem beschriebenen Verfahren auch ammoniakhaltige im Gemische mit 10 bis 15% Bleisuperoxyd angewendet werden. Mit diesem Gemenge, das mit Wasser angefeuchtet ist, kann endlich auch ein Bleiträger umgeben werden, der sich zwischen zwei vollkommen peroxydirten Lithanodeplatten befindet. Für die negativen Platten wird neuerdings²⁾ als Träger ein doppeltes Kupferdrahtnetz verwendet. Damit die Platten hart bleiben, müssen sie mindestens 10% Bleisulfat enthalten.

H. Lea³⁾ fand bei Versuchen mit 3 Lithanode-Zellen, von denen jede 9.5 kg wog und 5 positive und 6 negative Platten vom Gesamtgewichte 5.68 kg hatte, die durchschnittliche Leistung einer Zelle zu 100 A.-St., das elektrische Güteverhältniss zu 91%. Die Capacität pro 1 kg Gesamtgewicht betrug 10 A.-St.,

¹⁾ Lum. él. 1890, Nr. 52. — ²⁾ El. Eng. London (1891) 7, 143. — ³⁾ Electr. Rev. 21, 138.

pro 1 kg Elektrodengewicht 18 A.-St. und 39 W.-St. Platten, die einen Monat lang täglich nur halb geladen und bis 1.3 V. entladen wurden, erlitten keine Einbusse an Güte.

Poröser werden die Platten, wenn man nach dem Verfahren der Lithanode and General Electric Co. und von Niblet¹⁾ dem zur Bildung der Lithanode verwendeten Gemische von Glätte und Ammoniumsulfat noch Magnesiumsulfat zusetzt. Letzteres wird aus den trocken gepressten Platten durch Schichten zwischen nasse Filzplatten ausgelaugt.

Engel²⁾ formt aus 100 Th. Bleiglätte, 7 Th. Magnesiumsulfat, 3 Th. Quecksilbersalz und 35 Th. Ammoniakflüssigkeit von 23 Grad Bé. Platten, härtet sie durch Einlegen in eine Flüssigkeit und formirt in 3%iger Magnesiumsulfatlösung.

Dey³⁾ presst die Füllmasse trocken in die Gitter ein, schichtet eine Anzahl Platten mit Zwischenlagen aus Filz, der mit angesäuertem Wasser befeuchtet ist, über einander und formirt. Auch Gibson⁴⁾ verwendet trockene Füllmasse. Morrison und Schmidt⁵⁾ bringen ein getrocknetes bröckeliges Gemenge von Bleioxyd mit Salpetersäure in eine Form und giessen mit Blei aus.

Kohle, die durch Einwirkung von Salpetersäure von 1.856 Grad Bé. auf Zucker oder andere Kohlehydrate erhalten ist, mischt Schanschieff⁶⁾ mit etwas verdünnter Schwefelsäure und den entsprechenden Salzen zu einer kittartigen Masse. R. Nithack⁷⁾ setzt der

¹⁾ E. P. 4691/1893. — ²⁾ E. P. 16162/1894. — ³⁾ A. P. 418700, 418703. — ⁴⁾ A. P. 439240. — ⁵⁾ A. P. 439416. — ⁶⁾ E. P. 8081/1895. — ⁷⁾ D. P. 86301.

wirksamen Masse geringe Mengen von Substanzen zu, die bei der Sintertemperatur der ersteren entweder selbst flüchtig sind oder flüchtige Bestandtheile abgeben. Die wirksame Masse besteht aus geformten und geglühten Oxyden, Oxyhalogenüren oder sonstigen sauerstoffhaltigen Verbindungen des Bleies, Antimons oder Kupfers. Als Zusatz kann ganz allgemein feinst gepulverter Graphit dienen, im besonderen für Bleioxydmasse Mennige oder Bleisuperoxyd, für Antimonoxymasse Antimonoxychlorid, für Kupfermasse Kupferchlorür. Poröse Füllmasse erhält James¹⁾ für die positiven Platten durch Mischen von 8·5 Th. Mennige und 1 Th. Bleiglätte mit 0·4 Th. Asbest und 0·1 Th. gepulverter Kohle, für die negativen aus 9·4 Th. Bleiglätte im Gemenge mit 0·1 Th. Schwefel, 0·4 Th. Asbest und 0·1 Th. gepulverter Kohle. Die Zusammensetzung des Gittermaterials ist schon auf S. 245 besprochen. Scheinberger²⁾ setzt der Füllmasse Salze, die sich im Elektrolyten lösen, hinzu. Werden Sulfate, besonders Natrium- und Magnesiumsulfat, genommen, so wird nicht nur grosse Porosität der Platten erreicht, sondern auch Sulfatirung vermieden, da die Sulfate bei der Zersetzung Schwefelsäure an die zu stark verdünnte Säure abgeben, während sie sie bei der Entladung wieder aufnehmen. Um der durch die Höhlungen aus einander gerissenen activen Masse grössere Leitfähigkeit zu geben, wird durch Beimengung von Quecksilbersulfat auf ihr Quecksilber abgeschieden. Durch Verwendung möglichst dicker Schichten activer Masse kann fast die ganze Menge des Elektrolyts darin auf-

¹⁾ Electrician, London (1891) 26, 751. — ²⁾ D. P. 75555/1893.

gespeichert, also eine Art Trockenakkumulator erhalten werden.

W. Main¹⁾ trennt die Masse durch eine dünne Kohlenschicht von dem Träger, während Mc. Laughlin²⁾ die trockene gepulverte Substanz daran durch elektrolytische Wirkung befestigt.

Henzel³⁾ bedeckt seine unter hohem Druck aus einer Mischung von Mennige, Schwefelsäure, Natronwasserglas und Gelatine gepressten Platten mit einer aus 4 Th. Natronwasserglas und 1 Th. Gelatine bestehenden Schicht, Lloyd⁴⁾ mit isolirenden, säurebeständigen Blättern, die Vertiefungen, Durchlochungen oder Gruppen von Kammern zur Aufnahme der wirksamen Substanz besitzen.

Wenn nach W. P. Thompson (The Hess Electric Storage Battery Co.⁵⁾ auf den Platten durch eine durchlöchernte Kautschukplatte eine Schicht Glaswolle festgehalten wird, kann man sie eng an einander setzen. Dies geschieht hauptsächlich bei den »Serienelementen«, d. h. Zellen mit Platten, die auf der einen Seite positiv, auf der anderen negativ sind. Solche Batterie beschreibt z. B. Faure⁶⁾. Jede einzelne Platte steckt in einer elastischen Umhüllung. Edgerton⁷⁾ bringt zwischen die Platten Erregermasse, die Feuchtigkeit aufnehmen kann, und Kennedy⁸⁾ irgend ein Absorptionsmittel, während Bailey-Warner⁹⁾ die einzelnen Doppelplatten durch grosse Entfernungen von einander

¹⁾ D. P. 51411/1889. — ²⁾ A. P. 475335. — ³⁾ Lum. él. (1893) 50, 325. — ⁴⁾ A. P. 477182. — ⁵⁾ E. P. 667/1890. — ⁶⁾ El. Rev. (1890) 27, 233. — ⁷⁾ A. P. 491878. — ⁸⁾ A. P. 507139. — ⁹⁾ Lum. él. (1890) 38, 281.

trennt. Auch Wladimiroff¹⁾, Schanschiew²⁾, Ribbe³⁾, Rosenthal und Gnesin⁴⁾ u. A.⁵⁾ bauen Serienelemente oder Hochspannungsakkumulatoren auf.

Zwillingsplatten stellen Gadot und Pisca⁶⁾ her. Die Anoden der einen Zelle sind mit den Kathoden der anderen durch einen Bleibügel verbunden. Ganz dieselbe Verbindung haben schon vorher Philippart Frères ausgeführt (siehe S. 253). Washburne⁷⁾ setzt in ein Bleigefäß, das in einem äusseren Glase oder sonstigen Gefässe steht, eine durchlöchernte Platte oder Röhre.

Mehr verfügbare elektrische Arbeit als gewöhnlich will Dixon⁸⁾ dadurch erzielen, dass er ausser den beiden allgemein gebrauchten Elektroden noch eine dritte oder mehrere andere aus Zink anwendet. Zwischen zwei äusseren Platten, die Abtheilungen zur Aufnahme von Massepastillen besitzen, steht bei Germain's⁹⁾ Sammler als secundärer Leiter eine dritte Platte, deren wagrechte und senkrechte Stäbe so angeordnet sind, dass sie die Pastillen vor dem Herausfallen nach innen schützen. Die Zwischenräume zwischen den Stäben bilden Kammern für den Elektrolyten.

Durch Beimengung von Asbest zur activen Masse soll nach Müthel¹⁰⁾ das Ansaugen des Elektrolyten erleichtert werden (?). Wirksamer will Courmont¹¹⁾ den Elektrolyten durch Zusatz von Alkalinitrat (1 Th. auf 4 Th. Schwefelsäure und 20 Th. Wasser) machen. G. Lescuyer¹²⁾ löst in einem metallenen Kochtopf in

¹⁾ E. P. 22339/1891. — ²⁾ E. P. 12045/1894. — ³⁾ E. P. 11864/1895. — ⁴⁾ D. P. 81524. — ⁵⁾ Jahrb. Elektroch. 1895, 27; vgl. a. v. Kowalski, S. 275. — ⁶⁾ Électricien (1893) [2] 6, 285. — ⁷⁾ E. P. 7715/1891. — ⁸⁾ A. P. 431447. — ⁹⁾ E. P. 8987/1892. — ¹⁰⁾ D. P. 46090. — ¹¹⁾ D. P. 46241. — ¹²⁾ Lum. él. 1890, 558.

kochender alkalischer Lauge von 32—35 Grad Bé. Bleigelb oder Bleiglätte, macht ihn zur Kathode, hängt als Anode eine Bleiplatte hinein und lässt, sobald die Temperatur auf 70 Grad gesunken ist, einen Strom so lange hindurchgehen, bis die Flüssigkeit nur noch 15 Grad warm ist. So gelingt es, in 3—4 Stunden 2 mm dicke Bleiplatten vollständig in Superoxyd zu verwandeln und Platten von grossem Aufspeicherungsvermögen zu erzeugen. Nach Beendigung der Formation wird das Alkali mit schwach angesäuertem Wasser ausgewaschen. Muirhead verwendet als Elektrolyten eine Lösung von Bleiacetat und Bleinitrat in verdünnter Essigsäure, Anderson eine ammoniakalische Zink- und eine Chromchloridlösung, O. Lugo¹⁾ Ammoniumboratlösung. Letzterer nimmt positive Bleiplatten, durch Fliesspapier davon getrennte negative Zinkplatten und bedeckt beide mit Bleiverbindungen.

Barber, Starkey und Starley²⁾ glauben, durch Zusatz von etwas Natriumcarbonat zur Schwefelsäure die Bildung von festem Bleisulfat hindern zu können; aus welchem Grunde ist nicht recht einzusehen. Sulfatirung überhaupt will Zettler³⁾ durch Anwendung einer Ammoniumbisulfatlösung als Elektrolyten vermeiden. Warren⁴⁾ schlägt zu demselben Zwecke vor, mit verdünnter Phosphorsäure Platten zu tränken, die aus Glätteplatten durch Reduction mit amalgamirtem Zink in verdünnter Schwefelsäure und darauf folgende Formirung erhalten sind.

¹⁾ A. P. 458424 u. 458425/1891. — ²⁾ Lum. él. (1890) 38, 612. — ³⁾ D. P. 61833/1891. — ⁴⁾ Chem. N. (1896) 73, 191.

Für Traktionszwecke werden meist »feste Elektrolyte« verwendet. P. Schoop und Winkler (vgl. S. 222) schlagen Kieselsäuregallerte vor, Barber Starkey¹⁾ einen Zusatz von Gyps und Sägespänen zur Schwefelsäure, Pumpelly und Thomason²⁾ einen solchen von Cellulose. Dieses letztere Aufsaugemittel findet auch in einem anderen Akkumulator Pumpelly's³⁾ Verwendung, der horizontale Platten hat. Die positiven umgeben in Form eines Gitterrahmens die quadratischen negativen Gitterplatten. Dujardin⁴⁾ füllt Sand zwischen die Platten.

Bessere Circulation, als es bei den gewöhnlichen gelatinösen oder breiigen Elektrolyten möglich ist, will Niblett⁵⁾ dadurch erreichen, dass er die Flüssigkeit von der hoch porösen activen Masse selbst aufsaugen lässt. In dieser stecken, durch ein dünnes Diaphragma getrennt, Elektroden in Platten- oder Gitterform. Die Circulation der Flüssigkeit soll durch die Gasentwicklung bewirkt werden. Wird diese bei zu weit getriebener Ladung oder zu rascher Entladung zu gross, so wird der Elektrolyt von den Elektroden weggedrängt, der Widerstand wächst und die Stromstärke wird kleiner. Eine Zelle von der Capacität 30 A.-St. bei einem Entladestrom von 6 A. wiegt nur 5.2 kg.

Auch G. de Schrynmakers de Dormael⁶⁾ saugt den Elektrolyten durch Bleisuperoxyd auf, das er zwischen die an den Rändern von einander isolirten Platten bringt.

¹⁾ El. Eng. N.-Y. 9, 350; Elektr. Zeitschr. (1890) 11, 241. — ²⁾ E. P. 49883/1889. — ³⁾ A. P. 442390 u. 442391; E. P. 16064/1890. — ⁴⁾ Lum. él. (1890) 38, 280; vgl. a. Hochspannungs-Akkumulatoren, S. 302. — ⁵⁾ E. P. 14411/1890. — ⁶⁾ D. P. 82711.

Für Traktionszwecke soll nach Weyde, Clas und Elsner¹⁾ folgende Elektrodenform besonders geeignet sein. Cylinder aus formirter activer Masse sind in Halbröhren aus Bleilegierung festgekittet. Diese liegen in Celluloidrinnen, die paarweise auf Celluloidröhren aufgefädelt sind. Durch Celluloidbänder wird die Anordnung in dem Rahmen festgehalten.

Um bei transportablen Akkumulatoren das Herauspritzen von Säure zu hindern, dabei aber den Gasen ungehinderten Austritt zu gestatten, versieht Frogatt²⁾ die Zelle mit drei über einander liegenden Deckeln. In den untersten sind Bunsen'sche Kautschukventile eingesetzt. Den Zwischenraum zwischen ihm und dem nächsten erfüllt poröse, Flüssigkeit aufsaugende Masse. Zwischen zwei benachbarte Platten, die mit Höhlungen zur Aufnahme der wirksamen Substanz versehen sind, schliesst Lauber³⁾ den Elektrolyten vollständig ein.

Die Capacität soll nach H. Pieper⁴⁾ erhöht werden, wenn die bei der Stromesarbeit entstehenden Gase in den Elektrolyten unter Druck eingepumpt und entweder in diesem oder in den Poren der Kohlen-Elektroden festgehalten werden.

¹⁾ Elektrot. Zeitschr. (1892) 13, 263. — ²⁾ E. P. 8731/1894. — ³⁾ E. P. 17631/1890. — ⁴⁾ D. P. 46603/1888.

C. Akkumulatoren mit Bleiträgern und anderen als Bleiverbindungen in der Füllmasse.

C o h n é¹⁾ trägt auf 0.3 m² grosse und 2 mm dicke durchlöchernte Bleiplatten Zinnober oder Mercuro-sulfat (etwa 170 g), die mit Schwefelsäure angerieben sind, auf, biegt einen Kasten daraus, so dass die freie metallene Seite nach aussen kommt, und trennt die Anode von der etwas kleineren Kathode durch ein Diaphragma. Beim Laden wird die Kathode amalgamirt, beim Entladen bildet sich auf der Anode Bleisuperoxyd.

Mit einem feinkörnigen Gemenge aus 1 kg Blei und 50—70 g Mangansuperoxyd,²⁾ das durch Mischen von Mangansuperoxyd mit geschmolzenem Blei hergestellt und mit Wasser zu einer dicken Paste angerührt wird, bedeckt E p s t e i n³⁾ die Bleiplatten oder -Gitter. Nach einem späteren Verfahren desselben Erfinders⁴⁾ werden aus der Paste Würfel geformt, die zweckmässig noch mit Einkerbungen oder Rillen versehen werden. Die neben oder über einander angeordneten Würfel werden mit Blei umgossen, wodurch sehr feste und dauerhafte Platten entstehen. Der elektrische Nutzeffect

¹⁾ D. P. 21304. — ²⁾ Mangansuperoxyd als Füllmasse wurde auch F o u r n i e r patentirt. — ³⁾ D. P. 27675. — ⁴⁾ D. P. 29924.

der von Woodhouse und Rawson¹⁾ auf den Markt gebrachten Akkumulatoren, die nur wenig Platten haben, soll 90%, der Energienutzeffect 75% betragen. Werfen der Platten und Kurzschluss sollen nicht vorkommen. Die Capacität einer positiven Platte beträgt bei einem Maximal-Entladestrom von 30 A. 120—150 A.-St., bei einem halb so starken 170 A.-St.

Barrier, Tourville und Legay²⁾ tragen auf gerillte Träger ein mit Zucker- oder Glycoselösung angemachtes Gemenge aus 10 Th. Bleiglätte, 10 Th. Antimon-, Wismuth- oder Manganoxyd und 3 Th. platinirter Kohle auf. Die Platten werden am Boden oder Deckel der Zelle so befestigt, dass jede für sich ein Element bildet.

Chromsaure Bleisalze, durch Anrühren von Bleioxyden mit Chromsäure erhalten, verwendet G. Heyl als Füllmasse. Diese wird in Gitter eingetragen. Die Akkumulatoren-Werke System Heyl (Zinnemann) construiren ihre Elektroden Type A (siehe Fig. 69 und 70) so, dass jede durch horizontale unausgefüllte Zwischenräume, die ein Ausdehnen der Masse gestatten, in drei grössere Abschnitte und jeder Abschnitt wieder durch stärkere Leisten, die für gute Stromvertheilung und Festigkeit sorgen, in drei kleinere Felder getheilt wird. Jedes Feld enthält 16 schwächere horizontale Rippen, deren schwach rhombusähnliche Gestalt das Herausfallen der Masse hindert. Da die wirksame Substanz das Blei grösstentheils bedeckt, sollen die Anoden lange Lebensdauer haben. Das Auswaschen der activen Masse in den

¹⁾ Elektrot. Zeitschr. 1891, 286. — ²⁾ D. P. 30728.

positiven Platten wird durch Zusatz einer Harzseife zum Füllmaterial verhindert. Die formirte Masse soll cementhart, dabei aber doch porös sein. Bei der Formirung entsteht Bleisuperoxyd, Chromoxyd und Chromsäure einerseits, metallisches Blei und Chrom andererseits.

Fig. 69.

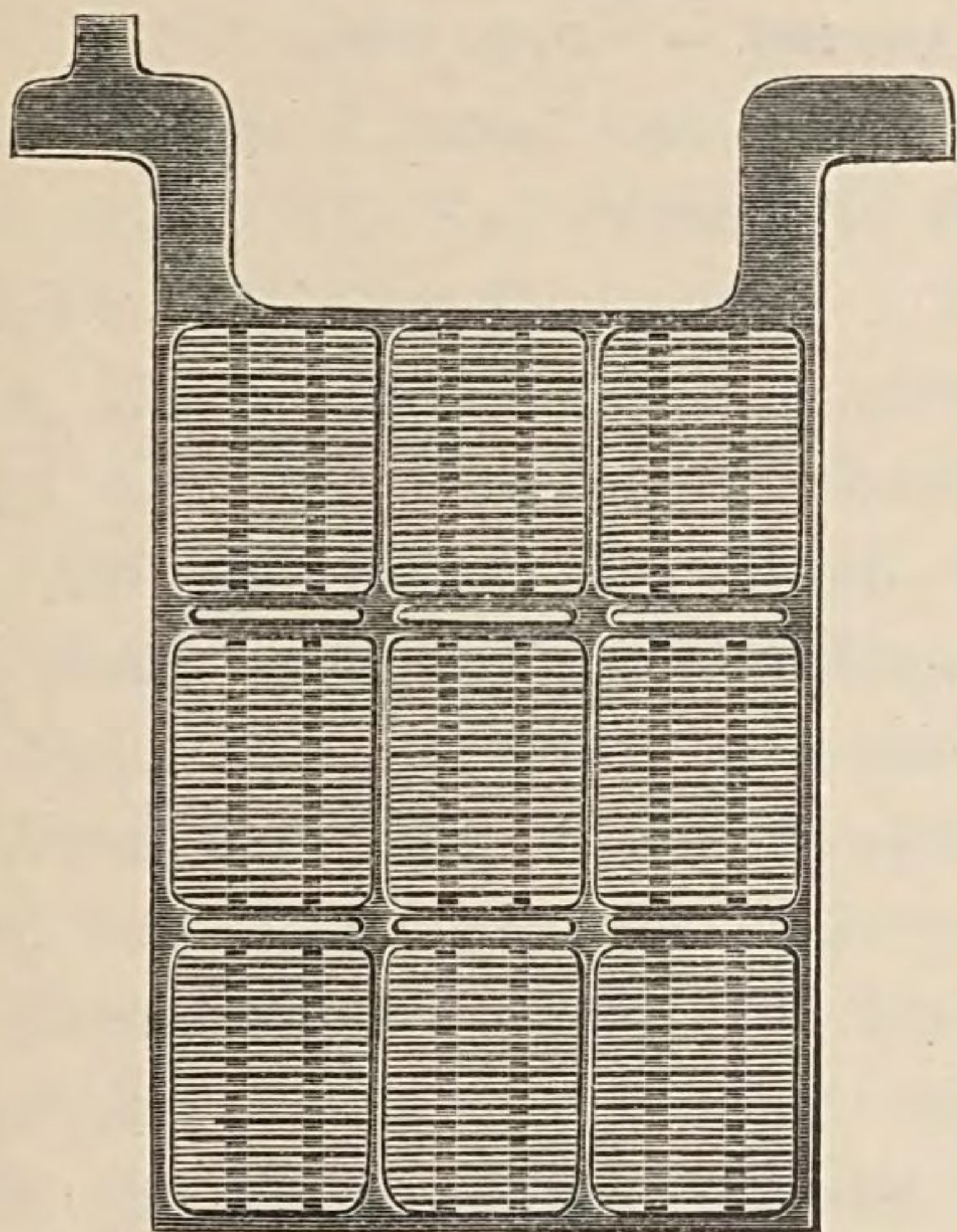


Fig. 70.



Das in Lösung gehende chromsaure Chromoxyd soll die Leistungsfähigkeit des Akkumulators erhöhen.

Zur Herstellung der Platten will G. Heyl¹⁾ auch organische Chrom- oder Wolframverbindungen benutzen, die durch Behandlung der Metalle oder ihrer Verbindungen mit Harzen oder schweren Oelen erhalten werden.

¹⁾ D. P. 66666.

Käufliches Bariumsuperoxyd in Breiform trägt H. Lehmann¹⁾ in die Platten ein. Der Elektrolyt ist Baryumchloridlösung, oder auch²⁾ Baryumbromid- oder Baryumjodidlösung, oder auch eine Säure, die ganz oder nahezu unlösliche Baryumsalze bildet, wie Salpetersäure (?), Schwefelsäure oder Phosphorsäure.

¹⁾ D. P. 70708; E. P. 8808/1893. — ²⁾ D. P. 72199.

D. Akkumulatoren mit anderen als Bleiträgern, aber Bleipasten.

Aus einer Lösung von 6 Th. Bleinitrat, 2 Th. Bleiacetat und 1 Th. Kaliumnitrat in 6—8 Th. Wasser, die mit 4 Th. 22⁰/₀iger Essigsäure, 1 Th. Salpetersäure und $\frac{1}{11}$ Th. Eisen- oder Zinknitrat oder -Acetat versetzt ist, schlägt Ch. Kirchhof Blei, beziehungsweise -Superoxyd auf perforirten gerauhten Platinplatten nieder. Statt dieser können auch Kohlen-, amalgamirte Blei- oder Zinkplatten angewendet werden.

Wenn man nach T o m m a s i statt der Blei-Kohlenplatten zum Auftragen der Bleioxyde verwendet, erhält man einen Akkumulator, der 5- bis 6mal leichter ist, im Verhältniss zum Trägergewicht viel mehr active Masse enthält als die gewöhnlichen und sehr schnell formirt werden kann.

E. Akkumulatoren mit negativen Elektroden aus anderem Materiale wie Blei.

Das Material der Kathoden kann Kupfer, Cadmium, Zinn, Zink, Eisen oder Palladium sein.

Kupfer-Kathoden. Arnould und Tamine stellen die aus abwechselnden Reihen von Blei- und Kupferdrähten gebildeten Elektroden in schwach angesäuerte gesättigte Kupfersulfatlösung. E. Reynier schlägt das Kupfer auf einem Bleistreifen elektrolytisch nieder und setzt ihm einen galvanisch mit Superoxyd bedeckten Bleistreifen von grosser Oberfläche gegenüber. $E=1.26$ V. Aehnlich ist der Akkumulator Mason's¹⁾. Um die Superoxydbildung zu beschleunigen, amalgamirt Sutton²⁾ die positiven Bleiplatten. Als Kathode dient ein Kupferblech, als Elektrolyt Kupfersulfatlösung. Die Elektroden werden, an einem Holzdeckel befestigt, in die Zelle eingehängt oder wie beim Planté-Akkumulator angeordnet.

Cadmium- und Zinn-Kathoden. Bei Peyrusson³⁾ besteht die negative Platte aus Zinn, der Elektrolyt aus Zinn- oder Cadmiumsulfatlösung, die mit Schwefelsäure versetzt ist. Statt der positiven Platte aus Blei bei diesem Akkumulator verwendet Clark⁴⁾ bei seinem Blöcke aus Bleisuperoxyd, die Bleistreifen als Stromzuleitungen

¹⁾ A. P. 439324. — ²⁾ Elektrot. Zeitschr. 1882, 121. — ³⁾ A. P. 368608. — ⁴⁾ E. P. 8226/1886.

einschliessen. Die Kathode ist aus Blei, Kupfer oder Kohle, der Elektrolyt derselbe wie vorher.

Commelin und Finot¹⁾ stellen Anoden, die in den Vertiefungen der Platten Bleichlorid enthalten, und dünne Kathoden aus amalgamirtem Blei oder einer Legirung von Blei, Antimon und Cadmium in Cadmiumsulfatlösung, die 10% Schwefelsäure enthält. E bei offenem Stromkreis 2·3 V., Leistung für 1 kg Platten-gewicht 54 W.-St.

Antimon-Kathoden aus schwammigem Materiale verwendet Darrieus²⁾. Die Anode besteht aus Bleisuperoxyd oder Antimonoxyden, der Elektrolyt aus verdünnter Schwefelsäure.

Zink-Kathoden. Die Blei-Zinksammler zeigen durchschnittlich eine um 50% grössere Capacität als die gewöhnlichen Blei-Akkumulatoren. Sie haben aber bisher ebenso wenig wie die Kupfer-Zink-Sammler (siehe später) Eingang in die Technik gefunden, hauptsächlich weil sich die Kathode auch in der Ruhe löst. D'Arsonval³⁾ stellt die negativen Platten aus amalgamirtem Zink, die positiven, die eine grosse Oberfläche haben, aus Kohle, die mit feinen Bleikörnchen bedeckt ist, her. Das Zink kann durch Quecksilber ersetzt werden. Der Elektrolyt ist concentrirte Zinksulfatlösung. Sutton nimmt, ähnlich wie beim Kupfer-Akkumulator (siehe S. 312), als Anode eine amalgamirte Bleiplatte, E. Reynier (1883) Bleisuperoxyd. Bei letzterem besteht die Kathode aus Blei, während als Elektrolyt ebenfalls an-

¹⁾ Elektr. Zeitschr. 1892, 220. — ²⁾ D. P. 81080. — ³⁾ Compt. rend. (1880) 90, 166.

gesäuerte Zinksulfatlösung verwendet wird, so dass sich beim Laden die negative Platte mit Zink bedeckt. $E = 2.37$ V. Schon ein Jahr vorher hatte Boettcher¹⁾ einen ganz ähnlichen Akkumulator angegeben. Bei ihm besteht die Kathode von vornherein aus reinem Zink, die Anode aus Bleifolie, die vielfach gefaltet und mit einem Brei aus Bleioxyd und Zinksulfatlösung bedeckt ist, der Elektrolyt aus Zinksulfatlösung 1:3. $E = 2.2$ V. Die Anode kann²⁾ auch aus Mangansuperoxyd, das durch Elektrolyse von Mangansulfatlösung erhalten ist, gebildet werden. Nach Aron ist dieses Element kein secundäres, sondern nur ein primäres. Blanc & Co.³⁾ stellen die der Länge nach dreifach gefaltete und der Breite nach vielfach durchbrochene, spiralförmig aufgewickelte, 16 dm im Quadrat grosse Bleiplatte in einen mit festem Kaliumbisulfat gefüllten Thoncylinder und setzen ihr aussen einen amalgamirten Zinkstab in Wasser gegenüber. Ein derartiger 2.3 kg schwerer Akkumulator hat nach Reynier⁴⁾ eine normale Entladestromstärke von 1 A., $E = 2.2$ V. und einen Nutzeffect von nur 0.488. Tamine⁵⁾ stellt Zink- und Blei-Elektroden, die den Planté-Platten ähnlich sind, in eine Mischung aus 1000 Th. concentrirter Zinksulfatlösung, 500 Th. 10%iger Schwefelsäure, 40 Th. Ammoniumsulfat und 50 Th. Quecksilbersulfat. Nach einer anderen Vorschrift⁶⁾ werden die Platten so hergestellt, dass ein Gemisch von 20 Th. elektrolytisch erhaltenem Bleisuperoxyd und 75 Th. Bleifeilspänen, die zur Erleichterung der Stromzuleitung dienen, unter einem Drucke von ungefähr 300 Atmosphären

¹⁾ D. P. 21174/1882, 23916/1883. — ²⁾ D. P. 32821/1885. — ³⁾ Elektrot. Zeitschr. 1883, 101. — ⁴⁾ Elektrot. Zeitschr. 1885, 171. — ⁵⁾ H. 168. — ⁶⁾ T. 459.

durch 5 Th. schmelzendes Harz oder ein anderes Bindemittel verkittet wird. Aus solchen und anderen Platten sind folgende Combinationen hergestellt worden:

Kathode	Anode	Elektrolyt
Bleisuperoxyd	Bleisuperoxyd	verd. Schwefelsäure,
Zink	»	Zinksulfatlösung,
Kupfer	»	Kupfersulfatlösung,
Bleisuperoxyd	Blei	verd. Schwefelsäure,
Kohle	Bleisuperoxyd	Kupfersulfatlösung,
»	»	Zinksulfatlösung,
Bleioxyd	Mennige	verd. Schwefelsäure.

P. Benjamin¹⁾ fügt der Zinksulfatlösung, um die bei der Elektrolyse frei werdende Schwefelsäure zu binden und dadurch die Zerstörung der Kathoden zu vermeiden, Aluminiumhydroxyd zu. Bei der Entladung wird man dann aber unzweifelhaft einen schlecht leitenden Thonerde-Ueberzug auf der Anode erhalten. Nach demselben Forscher²⁾ ist reines Blei am leichtesten oxydirbar, während Verbindungen von Blei, Antimon und Palladium am dauerhaftesten sind.

A. V. Meserole³⁾ will die Kathoden bei offenem Stromkreise dadurch schützen, dass er sie aus Zinkamalgam bildet, das sich auf einer dünnen, mit Blei versteiften Zink-Trägerplatte befindet. Sie werden dadurch amalgamirt erhalten, dass der angesäuerten Zinksulfatlösung Quecksilbersulfat zugesetzt ist. Die Anode ist Bleisuperoxyd, $E = 3$ V. Weiter ausgebildet worden ist

¹⁾ D. P. 34456/1885. — ²⁾ Elektrot. Zeitschr. 1887, 144. — ³⁾ D. P. 41838/1887; A. P. 359877/1886, 361660/1886, 381941/1887.

dieser Akkumulator von W. Main¹⁾. An dem mit Rippen versehenen Boden der Zelle liegt als Stromzuführer ein amalgamirter, mehrfach gewundener Metalldraht, der am Rande des Gefäßes austritt. Auf seinen horizontalen Windungen liegt ebenfalls horizontal die Zinkelektrode. Diese wird gebildet aus Zinkgranalien, die durch Zerreiben von hoch erhitztem Zink erhalten werden und mit $\frac{1}{5}$ ihres Gewichts an Quecksilber amalgamirt sind. Sie werden noch weiter verarbeitet mit dem schwammförmigen Gemisch von Zink und Quecksilber, das sich aus einer angesäuerten Lösung von Zink- und Quecksilbersulfat beim Durchgange des Stromes ausscheidet. Das amalgamirte Zink in horizontale flache Kupfertröge einzulegen, scheint nicht zu empfehlen zu sein. Horizontal über der Zinkelektrode ist die Anode aufgehängt. Zu deren Herstellung werden gerauhte oder mit Graphit oder Zinkweiss-Brei überzogene Bleifolien, unter Umständen mit Zwischenlagen von carbonisirter Cellulose oder carbonisirtem Tuche, zu mehreren über einander gelegt, zwischen den Lagen mit einem oder mehreren dickeren Bleiblechen als Stromzuleiter versehen, vielfach durchlocht und durch Niete zusammengepresst. Um den bei der Elektrolyse entstehenden Gasen leichteren Austritt zu gewähren, setzt man die Anode wohl besser aus senkrechten, mehr langen als breiten Streifen zusammen. Während bei vertical angeordneten Platten während der Entladung dichtere Zinksulfatlösung sich am Boden der Zelle sammelt, sich also bei der nächsten Ladung das Zink als Schwamm hauptsächlich auf der unteren Hälfte der Kathoden absetzt, wodurch leicht Kurzschluss

¹⁾ A. P. 359934/1886, 401289/1889, 401290/1889, 401291/1889; D. P. 52840/1889.

eintreten kann, soll dies bei horizontaler Anordnung nicht erfolgen können. Andererseits wird aber nach P. Schoop¹⁾ dadurch auch das Zudringen von frischer Schwefelsäure zum Zink erschwert werden, so dass der Widerstand des Akkumulators wächst, und durch die an der Zinkplatte auftretende Sauerstoffpolarisation die Klemmenspannung und die Capacität niedriger werden.

Der Akkumulator, der von der River and Rail Electric Light Comp. in New-York hergestellt wird, scheint sich trotz günstiger Gutachten von G. H. Barker und C. F. Chandler bisher nicht eingebürgert zu haben. Er kann auch so hergestellt werden,²⁾ dass durchlöchernte, elektrolytisch mit Zinkamalgam überzogene Kupferplatten die Anoden umschliessen. Diese bestehen aus dünnen, fein durchlöchernten Bleiplatten, die durch Nieten mit je zwei stärkeren, beiderseits angeordneten Bleiplatten verbunden und von activem Materiale umgeben sind. Die seitlichen Bleiplatten werden kaum lange halten, da sie schneller durchformirt werden als die wirksame Masse.

Sehr quecksilberreiche Amalgame, die auf 1 Th. Zink 1—4 Th. Quecksilber enthalten, schlägt Michel³⁾ vor.

Goward⁴⁾ verwendet als Anode einen Bleicylinder mit Λ - oder Π -förmigen Einschnitten. In diese wird von innen fein zertheiltes oder schwammförmiges Blei oder Bleisuperoxyd gepresst, das den Raum bis zu einem inneren, dünnen, unten geschlossenen, seitlich durchlöchernten irdenen Cylinder ausfüllt. In diesem steht ein niedriges nicht leitendes Gefäss, das Quecksilber enthält.

¹⁾ Sch. III, 105. — ²⁾ D. P. 51411/1889. — ³⁾ A. P. 489316. — ⁴⁾ E. P. 7949/1891.

Darin taucht der untere Rand der cylindrischen Zinkkathode.

Auch bei Flick¹⁾ besteht die Anode aus Bleisuperoxyd, die Kathode aber aus Bleizinkamalgam. Der Schwefelsäure kann Zink- und Quecksilbersulfatlösung zugesetzt werden.

Die Franklin Electric Co.²⁾ schliesst die Zinkplatten in die Falten von Kupfergaze ein. Die Anode, ein oftmals zusammengelegter Draht aus Blei, mit wenig Silber legirt, taucht in eine Paste, die in einer porösen Zelle enthalten ist.

In Rotation will L. Epstein³⁾ die scheibenförmigen Kathoden während der Ladung und Entladung versetzen. Sie bestehen aus Zinkamalgam auf Kupferdrahtnetzen als Trägern und sind auf einer gemeinschaftlichen, zugleich als Stromzuleitung dienenden Welle befestigt. Als Anode dient Bleisuperoxyd.

Zinkamalgam in Gemenge mit Kalium- und Natriumamalgam bilden Häfner und Langhans⁴⁾ dadurch, dass sie als Kathoden Quecksilber, als Elektrolyten eine gesättigte Lösung von Kalium-, Natrium- und Zinksulfat anwenden. Die Anode besteht aus Bleisuperoxyd.

O. Lugo⁵⁾ will Zink und Bleisuperoxyd in Ammoniumboratlösung verwenden.

Eisen-Kathoden hat Sutton vorgeschlagen. Sie stehen zusammen mit amalgamirten Bleianoden in Ferrosulfatlösung. Rousse⁶⁾ stützt sich darauf, dass dünnes Eisenblech als Kathode in 50⁰/₀iger Ammoniumsulfat-

¹⁾ A. P. 370134. — ²⁾ El. World (1892) 20, 78, 198, 332. — ³⁾ E. P. 17369/1894. — ⁴⁾ D. P. 40628/1886. — ⁵⁾ A. P. 458424/1891. — ⁶⁾ Compt. rend. (1881) 93, 545.

lösung mehr als sein 200faches Volumen Wasserstoff absorbiert. Die Anode besteht aus Blei, das mit einer Schicht von Bleiglätte oder Bleiweiss oder Gemengen von diesen bedeckt werden kann. Hollingshead¹⁾ stellt Eisen Blei mit Mennige gegenüber und verwendet als Elektrolyten die Lösung eines neutralen Salzes, aus dem beim Laden an der Anode freie Säure, an der Kathode freies Alkali abgeschieden wird.

Palladium-Kathoden in 10⁰/₀iger Schwefelsäure sollen nach demselben Erfinder gegenüber Bleianoden angewendet werden, da sie etwa ihr 900faches Volumen Wasserstoff occludiren können.

¹⁾ A. P. 436602.

F. Akkumulatoren mit zwei anderen wie Bleielektroden.

Die hieher gehörigen Akkumulatoren können nach der Natur ihrer Kathoden geordnet werden in Kupfer-, Zink-, Eisen- und Kohlen-Akkumulatoren.

Kupfer-Kathoden. Für alkalische Akkumulatoren verwendet Slattery¹⁾ Elektroden aus fein vertheiltem elektrolytischen Kupfer. Justus, Entz und Philipps füllen ein Kupferdrahtnetz mit Kupferoxyd-Paste. Starr bringt auf Bleioxydplatten, die durch Gyps gebunden sind, einen galvanischen Ueberzug von Kupfer oder Blei an. Nur schwache Ströme sollen nach Somzée²⁾ zur Ladung einer Säule nöthig sein, die aus Kupfer-, Bronze- oder Eisenplatten mit abwechselnden Schichten von Manganoxydoxydul, Mangansuperoxyd oder irgend einem anderen Oxydsalze besteht und, von einem porösen Sack umgeben, in angesäuertes Wasser getaucht wird.

Cadmium-Kathoden. Als Elektrolyten, der beim Laden ohne Gasentwicklung zersetzt und beim Entladen ohne Gasentwicklung rückgebildet wird, schlägt Glatzel³⁾ entweder eine gemischte Lösung aus Kupfer- oder Cadmium- und Mangansulfat-, -Nitrat oder -Acetat oder aus

¹⁾ A. P. 446104. — ²⁾ D. P. 22263, 1882. — ³⁾ D. P. 69603.

Cadmium- und Manganchlorid vor. Die Elektroden bestehen aus Graphit, Kohle oder Platin; die negativen können auch Kupfer oder Cadmium sein. Ferner¹⁾ können als Elektrolyten dienen Lösungen von Kupfer- oder von Cadmium- und Ferrosulfat oder von Cadmium- und Ferrochlorid oder von Stannochlorid oder von Antimontrichlorid. Die Akkumulatoren haben sich anscheinend nicht bewährt.

Zink-Kathoden. Die meisten hierher gehörigen Sammler, die Kupfer-Zink-Akkumulatoren, sind aus dem Primär-Elemente von Lalande (siehe S. 31 ff.) hervorgegangen. Das erste reversible Element dieser Art ist, wenn man von dem allgemein gehaltenen Dun'schen absieht, das von Commelin, Bailhache und Desmazuers²⁾. Elektrolytisches poröses Kupferpulver wird durch einen Druck von 800—1200 kg pro Quadratcentimeter auf ein Kupferdrahtnetz zu 3 mm dicken homogenen Platten gepresst. Diese werden mit einer Einfassung und Stromzuleitung aus Kupferblech versehen, mit starkem Pergamentpapier umhüllt, durch Kautschuk oder Ebonit isolirt und schliesslich nochmals mit Pergamentpapier umgeben, sodass sie etwa 7 mm dick werden. Gegen diese positiven Platten werden 8 bis 9 mm starke negative gepresst, die aus drei übereinander liegenden amalgamirten, mit Einfassung und Stromzuleitung und zur Isolirung beiderseits mit würfelförmigen Ebonitzapfen versehenen Stahldrahtnetzen bestehen. Der Elektrolyt ist eine Zinkoxydkaliumlösung

¹⁾ D. P. 75143/1893. — ²⁾ D. P. 41995/1887; Broschüre von Pulsford, Triquet & Co., Paris 1893; vgl. a. Sch. III, 11.

mit überschüssigem Kaliumhydroxyd vom specifischen Gewichte 1·6, der elektrolytisch etwas Quecksilber beigefügt ist, so dass sich auf den Kathoden Zinkamalgame abscheidet. Zum Schutze vor der Kohlensäure der Luft wird sie mit einer Schicht Valvoline bedeckt. Bei grösseren Batterien muss die Flüssigkeit zeitweise gemischt werden. Die älteren Akkumulatoren zeigten 86·5% A.-St. Wirkungsgrad und 65% W.-St. Nutzeffect. Bei den neueren soll der erstere theoretisch sein, der letztere 80% betragen. Der Widerstand beträgt pro 1 dcm² Elektrodenoberfläche 0·35 O.

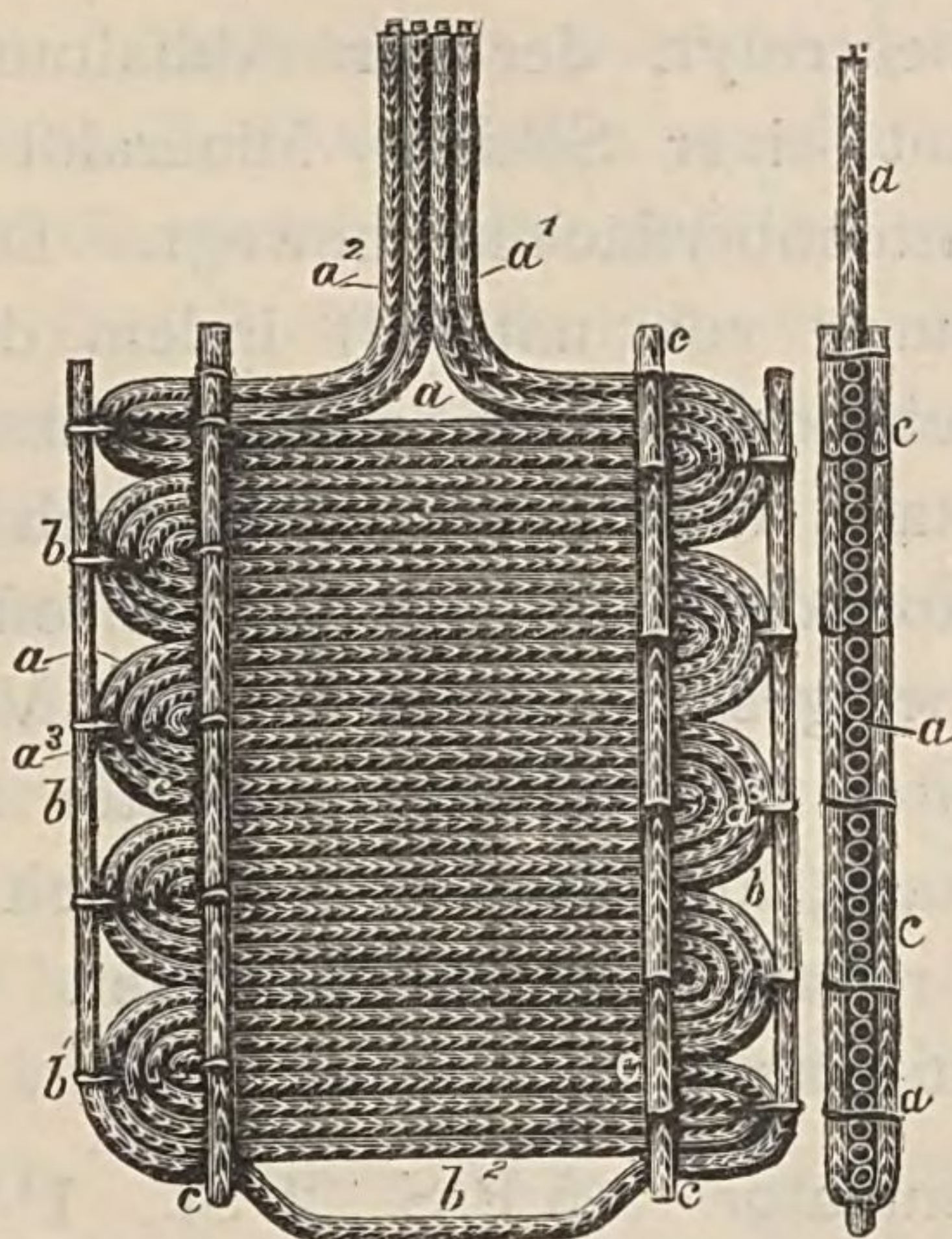
Aehnlich scheint der Akkumulator von Fierort zu sein.

Um das Zink körnig-krystallinisch abzuscheiden, muss nach E. Boettcher¹⁾ über der Zinkkathode eine hohe Schicht von Zinkoxydkalilösung vorhanden sein. Zu dem Zwecke befestigt er am Boden eines eisernen Gefässes isolirt die Zinkplatte. Der als Depolarisator dienende Klotz aus porösem Kupferoxyd ist mit der Anode, dem eisernen Gefässe, verlöthet. Den Elektrolyten bildet 50% ige, mit Zink gesättigte Kaliumhydroxydlösung. Nimmt mit der Zeit deren Zinkgehalt in den oberen Schichten ab, so wird die Kathode gehoben. Die Stromdichte beim Laden muss hoch sein, um einen dichten Zinkniederschlag zu erhalten. $E = 1·1$ V. $W_i = 0·5$ O. Ein 1·6 kg schweres Element giebt 15 bis 20 A.-St. bei einer sehr constant bleibenden Stromstärke von 0·2—0·3 A. Der Wirkungsgrad in Spannung soll 50—60%, in A.-St. 100% betragen.

¹⁾ D. P. 57188/1890.

M. W a d e l l, J. E n t z und W. P h i l l i p s ¹⁾ stellen die Anode aus gewundenem, mit Baumwolle besponnenem Kupferkabel her, dessen Windungen dicht an einander liegen (siehe Fig. 71), so dass eine Art Matte entsteht. Die Zwischenräume des aus dünnem Drahte lose gesponnenen

Fig. 71.



Kabels werden mit einer Paste aus Kupferoxyd und Schwefel gefüllt. Diese wird nachher durch Erhitzen in Leuchtgas reducirt. Ein dickerer Kupferdraht im Centrum des Kabels dient zur gleichmässigeren Stromzuführung und -Vertheilung. Die helleren Streifen in der Abbildung sind mit Kreide und Wasserglas getränkte Baumwollstränge, die das Kabel zusammenhalten und für ge-

¹⁾ D. P. 66891/1892 und 68915/1893; A. P. 421916/1889, 440023/1890, 461823/1891, 461853/1891, 467573/1891, 475260/1892; El. Eng. 11, 542; El. Anz. 1891, 826.

hörige Entfernung der Anoden von den Gefässwänden und den Kathoden sorgen. Diese sind mit dem Gefäss aus Stahlblech leitend verbunden und bestehen aus massiven oder siebartig durchlöcherten dünnen Stahlblechen oder aus Eisendrahtgaze. Um die Entladung und Ladung zu beschleunigen, die Capacität zu erhöhen und die Dauer zu verlängern, wird der aus alkalischer Zinklösung bestehende Elektrolyt, der zur Abhaltung der Luftkohlensäure mit einer Schicht Mineralöl bedeckt ist, längs der Plattenoberflächen bewegt. Dies geschieht durch Erwärmung von unten,¹⁾ indem die Zellen auf mit Dampf geheizte Eisenröhren gesetzt werden. Der innere Widerstand wird dadurch natürlich auch kleiner. Die elektromotorische Kraft beträgt bei offenem Stromkreis 0·85 V., bei geschlossenem 0·8—0·7 V. Der Kupfer-Zink-Akkumulator ist wesentlich leichter als der Bleisammler. Er kann, auf die Gewichtseinheit bezogen, 50 bis 100⁰/₀ mehr Arbeit leisten als dieser. Von 1000 kg Gewicht erhielt man z. B.

beim Bleiakkumulator	5 P. S.	2 St.,	1½ P. S.	10 St.
beim Zinkakkumulator	5 »	4 »	3 »	9 »

Dagegen erfordert er, wenn er nicht bald zu Grunde gehen soll, eine äusserst peinliche Behandlung. Zunächst muss die Ladung bei 50 Grad erfolgen, denn bei 0 Grad entsteht kein guter Zinkniederschlag und bilden sich lösliche Kupferverbindungen; die Lösung dieser in Kalilauge scheidet auf dem Zink Kupfer ab, wodurch das Zink energisch von der Lauge gelöst, der Akkumulator

¹⁾ Eine andere Circulations-Vorrichtung beschreibt P. Schoop im A. P. 529199/1893.

also verdorben wird. Die Ladung muss frühzeitig genug unterbrochen werden, weil die Oxydation des positiven Kupfers nur bis zum Oxydul getrieben werden darf; das Oxyd löst sich nämlich in Kalilauge, und es entstehen abermals Localactionen, die zur Vernichtung der Kathoden führen. Die Diffusion von gelöstem Kupfer zum Zink kann vielleicht durch die von P. Schoop vorgeschlagene Anwendung poröser, passend imprägnirter Magnesiumzellen vermieden werden. Auch bei der Entladung ist die richtige Stromstärke und Temperatur innezuhalten. Der Elektrolyt muss vor der Einwirkung von Luft, Staub, Ammoniak, Salpetersäure und anderen Säuren sorgfältig bewahrt werden. Gute Mischung und Circulation sind zur Erzielung eines tadellosen Zinküberzugs nothwendig. P. Schoop kam schon bei der fünften Ladung einer Zelle nur noch auf ein Fünftel der angegebenen Capacität, da das Zink auf dem Eisenblech nicht haften blieb. Das Güteverhältniss und der Nutzeffect sind kleiner als durchschnittlich bei den Bleiakkumulatoren, nämlich 84% A.-St. und 59% W.-St. Wenn, wie es in der Praxis beim Nachsehen der Zellen vorkommen kann, die Platten einige Zeit der Luft ausgesetzt werden, erniedrigen sich diese Zahlen auf 43.6, beziehungsweise 28.8. Ein so empfindlicher Apparat ist für die Technik ohne weiteres natürlich nicht verwendbar. Deshalb hat auch die Akkumulatorenfabrik Actien-Gesellschaft Hagen i. W., welche die Wadell-Entz-Phillips'schen Patente für Deutschland erworben hatte, nach jahrelangen umfangreichen und kostspieligen Versuchen schliesslich doch von einer fabrikmässigen Herstellung des Akkumulators abgesehen.

Eine etwas andere Ausbildung hat P. Schoop¹⁾ den Kupfer-Zink-Sammlern gegeben. (Siehe Fig. 72 u. 73.) Beide Elektroden stehen senkrecht. Die Anode besteht aus 64 Kupferstiften von je 500 mm Länge und 8 mm

Fig. 72.

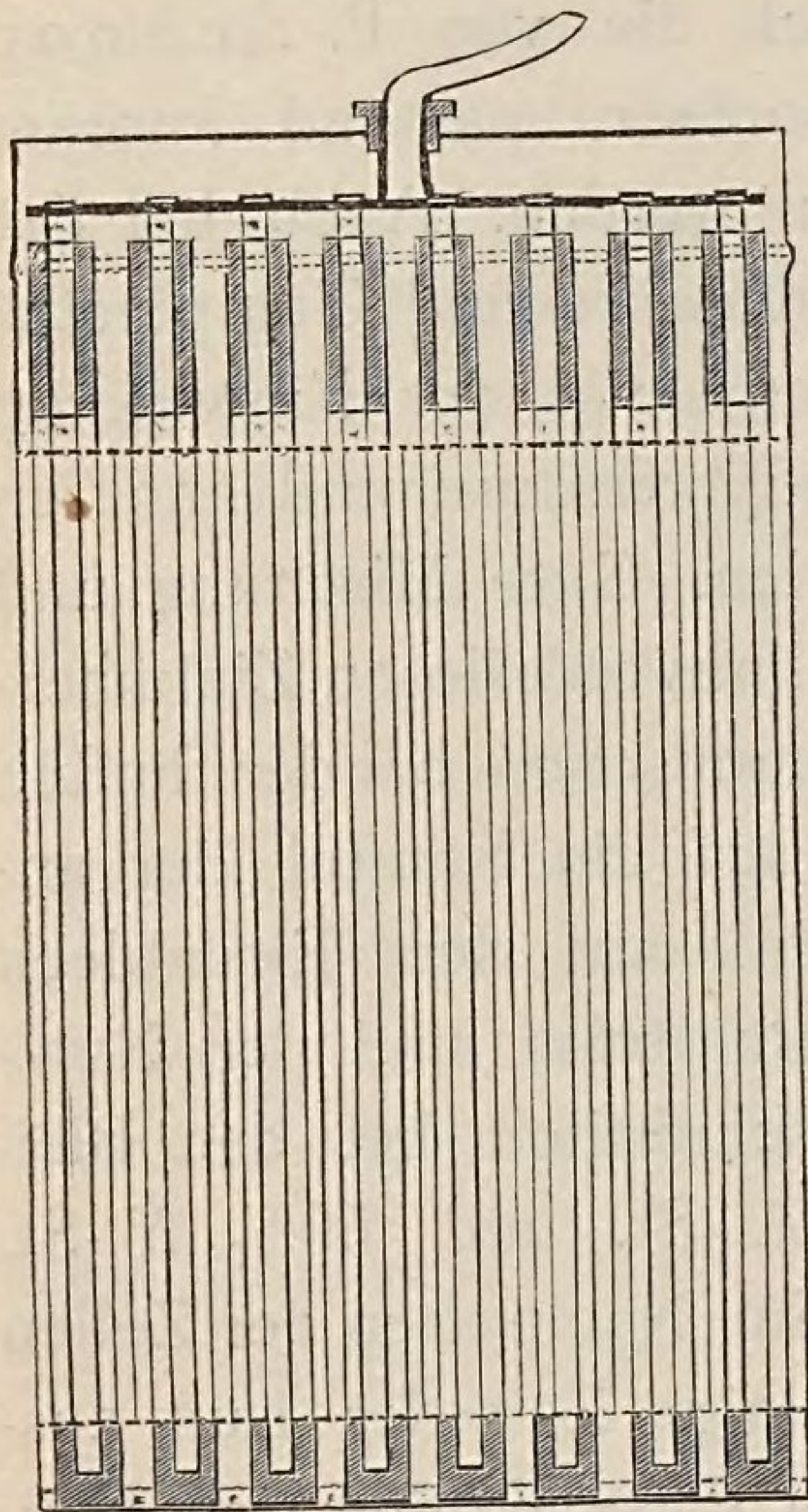
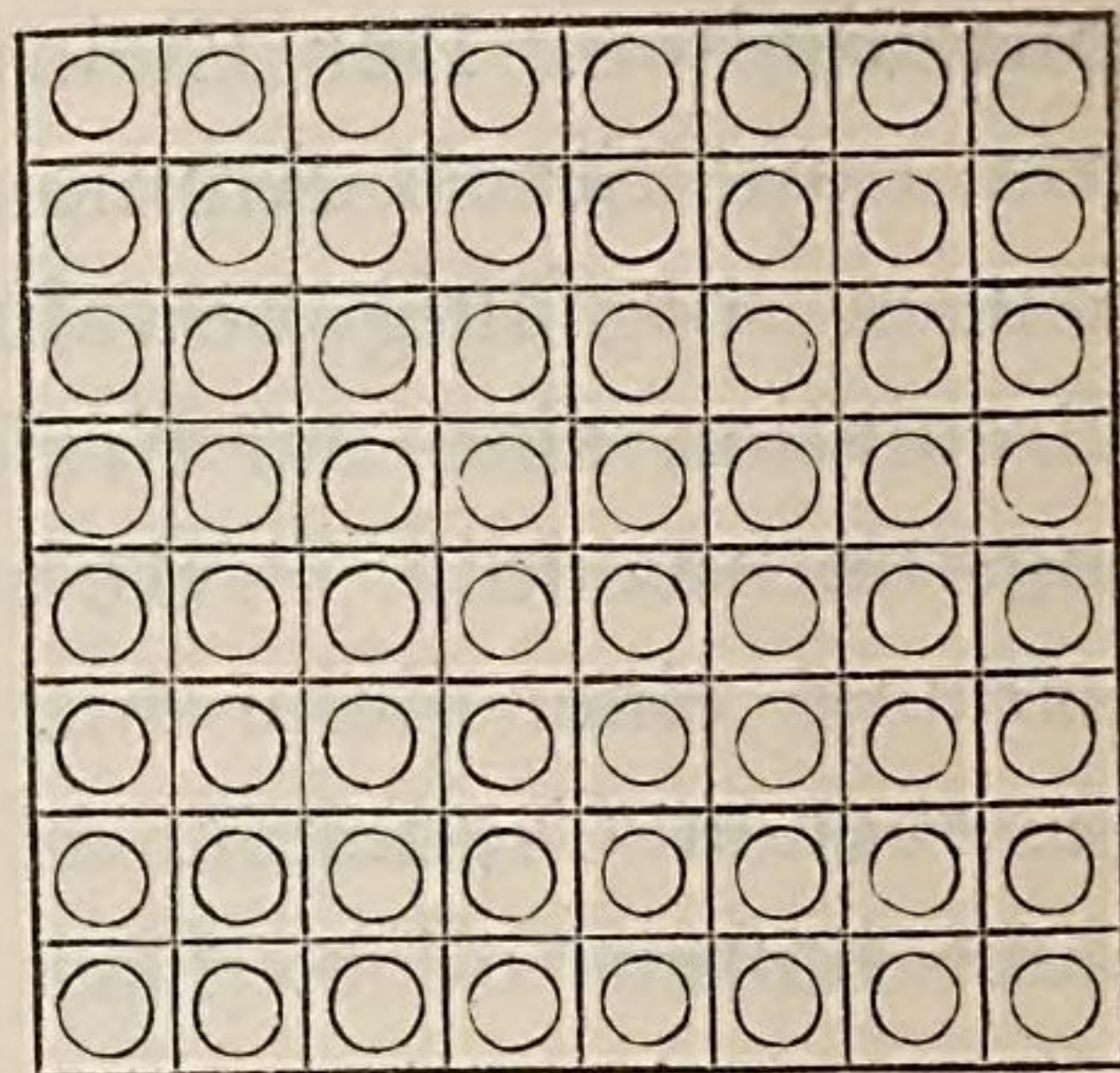


Fig. 73.



Durchmesser. Sie werden aus Kupferröhren von 3 mm lichter Oeffnung und 2 mm Wandstärke durch Glühen im Luftstrome und darauf folgende Reduction erhalten. An dem unteren Ende ist der Elektrodenstift mit einer Beschuhung aus Magnesia versehen, die ihn vom Boden des Gefäßes isolirt und als Führung für das ihn um-

¹⁾ E. P. 7711/1893; Sch. III, 84.

gebende Diaphragma dient. Die Führung erfolgt weiter durch eine Röhre aus Magnesia, die über das obere Ende des Stiftes gestülpt ist. Ein Pergamentpapiercylinder oder ein aus Baumwolle gestrickter oder gewobener Schlauch wird über die beiden Magnesiakörper gezogen und mit Baumwollfäden daran fest gebunden. Das Zellgefäß ist durch 7 parallele senkrechte Stahlbleche in 8 schmale Abtheilungen getheilt, von denen jede durch 7 Stahlblechstreifen in 8 Säulen von quadratischem Querschnitte gespalten wird. In diesen stehen die Kupferstifte concentrisch und senkrecht. Sämmtliche Stifte sind am oberen Ende an ein Kupferblech angenietet, sodass ihre Enden hindurchragen. Die Stahlbleche stehen an und für sich in metallischer Verbindung mit einander, die noch inniger durch den Zinkniederschlag auf ihnen wird. Die Circulation des Elektrolyten ist als Rück- und Stossbewegung vorgesehen. Der Strom tritt beim Laden der Zelle an der Kupferscheibe, die sämmtliche Stifte vereinigt, ein, am Boden des Gefäßes aus und von dort in die Kupferelektrode des nächsten Elementes ein.

Stine¹⁾ will 1 P. mit einer 15 kg schweren Zelle erhalten, die Zink und Kohle in einer Lösung von Zinkoxydnatron, Natriumchlorid und Natriumchlorat oder von Zinkoxydkalium, Kaliumhydroxyd, Kaliumbromid und wenig Kaliumbromat enthält. $E = 2.25 \text{ V}$.

Eine grosse elektromotorische Kraft und einen sehr constanten Strom erhält man nach Plattner²⁾, wenn man Zink und Kohle in concentrirte reine Natriumferri-cyanidlösung taucht. Auf dem Zink scheidet sich pulveriges Zinkferrocyanid ab, der Elektrolyt wird zu

¹⁾ Électricien (1892) [2] 4, 428. — ²⁾ D. P. 81494.

Natriumferrocyanid reducirt. Beim Laden, das ohne Gasentwicklung erfolgt, scheidet sich an der Kathode Natrium ab und setzt sich mit dem Zinkferrocyanid zu Natriumferrocyanid und Zink um; das Natriumferrocyanid wird wieder oxydirt. Dies kann auch durch andere Oxydationsmittel, z. B. Chlor, geschehen. Um das Abfallen des Zinkferrocyanids von der Elektrode zu hindern, ordnet man sie horizontal an. Wie Natriumferricyanid verhalten sich alle reinen Cyanverbindungen des Eisens, Mangans und Kobalts mit Alkalien und alkalischen Erden. Das Zink kann durch Blei und Zinn ersetzt werden. Man kann auch¹⁾ der Füllmasse noch ein Metallsalz der Ferro- oder Ferricyanwasserstoffsäure (z. B. Kupferferricyanid) zusetzen, das eine geringere Bildungswärme als das Zinksalz hat und dadurch zur Abgabe des Alkaliferro- oder -ferricyanids an die Erregerflüssigkeit geeignet ist.

Laurie stellt Zink- oder Kohlenplatten in Zinkjodidlösung oder durch Pergamentpapier getrennte Kupferplatten in Zinkchloridlösung. Lunel²⁾ trennt in Zinkchloridlösung stehende Zink- oder Kohlenkathoden durch ein Diaphragma aus Kohlenpulver, Thon und Aluminiumphosphat von Kohleanoden in einer Lösung von Jod in Salpetersäure. Varley trägt amalgamirtes Zink auf Trägern aus Kohle auf. Die Anoden bestehen aus Kohle, in die Quecksilber eingerieben ist; der Elektrolyt ist eine angesäuerte concentrirte Zinksulfatlösung.

H. Aron³⁾ ersetzt das Kupferoxyd durch Quecksilberoxyd. Dadurch wird die bei unrichtiger Behandlung des Kupfer-Zink-Akkumulators eintretende Zerstörung

¹⁾ D. P. 82100. — ²⁾ F. P. 180843. — ³⁾ D. P. 38220/1886.

der Zinkkathode vermieden, diese vielmehr durch das Amalgamiren geschützt, und ausserdem E von 0·58 auf 1·3 V. erhöht.

Eisen-Kathoden will J. R o u s s e ¹⁾ verwenden. Die Anode bildet ein Cylinder aus manganhaltigem Eisen, den Elektrolyten 40⁰/₀ige Ammoniumsulfatlösung. R o b e r t s ²⁾ stellt durch Vulcanfiber (Cellulose mit Zinkchloridlösung digerirt) oder Kieselsäure-Gallerte getrennte Eisenkathoden und Kohlenanoden in Eisenchloridlösung, F. M a r x ³⁾ in Eisenchlorürlösung, die mit Salzsäure versetzt ist (Elektrolin). T. W o o d s bedeckt Platten aus Chromeisen oder auch aus Kohle mit Chromoxyd-Chromsäure-Paste, Mangan- oder Kupferverbindungen. W. H o l l i n g s h e a d und S. H. C a r n e y ⁴⁾ stellen Gusseisen- und Braunstein-Elektroden in Kaliumbichromat-, Kaliumpermanganat- oder Kaliumcyanidlösung.

Aluminium hat J a m e s zu Gittern zu verwenden gesucht. Auch M a c L a u g h l a n ⁵⁾ fertigt die Platte aus Aluminium. Sie besteht aus zwei Barren, die durch Rinnen aus Blech mit umgebogenen Rändern, gefüllt mit der activen Masse, verbunden sind. Aus Aluminium-Zinklegirung besteht die Platte C. H. B r o w n's ⁶⁾. E m m e r e r ⁷⁾ bildet aus Aluminium zwei ringförmige Gefässe als Elektroden und füllt sie mit Aluminiumchlorid.

Kohlen-Kathoden. A. W a t t stellt Kohlen- und Mangansuperoxyd-Platten, die durch Wolle oder Filz getrennt sind, in Chlorwasser, das Ammoniak oder Natriumchlorid

¹⁾ Compt. rend. (1881) 93, 545. — ²⁾ A. P. 464665/1890; E. P. 21442/1891. —

³⁾ D. P. 55193/1889. — ⁴⁾ D. P. 54740/1890. — ⁵⁾ A. P. 455968. — ⁶⁾ A. P. 503567. — ⁷⁾ A. P. 451921.

enthält. Aehnlich verfährt M a l o n e y, verwendet aber als Elektrolyten verdünnte Schwefelsäure. Nur Kohle oder statt deren auch ein unlösliches Metall verwendet D u n¹⁾. Der Elektrolyt besteht aus Kali- oder Natronlauge und Silber-, Kupfer-, Nickeloxyd, Mangansuperoxyd oder irgend einem anderen Metalloxyd. Basset²⁾ füllt den Raum zwischen den Kohlenplatten mit Mangansuperoxyd, Eisenoxyd oder einem Gemenge beider an und tränkt diese Schichten mit Mangan- und Eisenchlorürlösung. Bei L a u b e r³⁾ ist der Elektrolyt Kali- oder Natronlauge, concentrirte Phosphorsäure, Lithiumhydroxyd- oder o-Nitranilinlösung etc. French Saint-George trennt Kohlen- oder Metallplatten durch ein Diaphragma und umgiebt sie mit einem Brei aus Bleichromat oder einem anderen leicht oxydirbaren Salz. B r a d l e y⁴⁾ gebraucht als Elektrolyten eine Metallbromidlösung. Die Kohlenelektroden liegen wagrecht.

¹⁾ D. P. 38383/1885. — ²⁾ D. P. 28306/1883. — ³⁾ D. P. 45162/1887. —
⁴⁾ D. P. 34454 1885.

G. Verschiedene Akkumulatoren.

Trockene Akkumulatoren nach Art der Planté'schen haben Elster & Geitel mit wenig Erfolg dadurch herzustellen versucht, dass sie zwischen die Bleiplatten Seidenpapier legten, das mit einer Lösung von Kaliwasserglas unter Zusatz von wenig Bleioxyd imprägnirt war.

Der Akkumulator von Griscom¹⁾, der theilweise als Gasbatterie²⁾ wirkt, hat als Gefäss eine hermetisch verschlossene, mit Blei ausgekleidete starkwandige Kugel. Sie ist durch eine poröse Wand in zwei Hälften getheilt. In der einen befindet sich Bleisuperoxyd, Schwefelsäure und ein gewisser Luftraum, in der anderen schwammförmiges Blei, Schwefelsäure und ein doppelt so grosser Luftraum wie in der ersten. Man kann weit über den Beginn der Gasentwicklung hinaus, fast bis zur vollständigen Zersetzung der Schwefelsäure laden. Beim Entladen wirkt dann der Apparat, bis die freien Gase verbraucht sind, zunächst als Gaskette. Eine ganz ähnliche Construction giebt La Roche³⁾ an. Mit 5 A. 3 Stunden lang geladen, wobei der Druck auf 18.5 kg pro Quadrat-

¹⁾ A. P. 453695. — ²⁾ Vgl. dazu Stine, El. Eng. N.-Y. (1892) 13, 255; Lum. él. 44, 86; und Lounsbury, El. Eng. N.-Y. (1892) 13, 412. — ³⁾ A. P. 496126; El. Eng. N.-Y. (1892) 13, 59.

centimeter stieg, gab das Element bei der Entladung folgende Leistungen:

in der ersten Stunde	3·0 V. und	3·5 A.	=	10·5 Watt,
» » zweiten »	2·7 »	3·2 »	=	8·64 »
» » dritten »	2·0 »	3·0 »	=	6·00 »

K r ö b e r ¹⁾ füllt den Raum zwischen den beiden aus poröser Kohle oder engmaschigen Metallgeweben bestehenden Elektroden mit einer Masse aus, die Flüssigkeit ansaugt, und setzt ihn durch eine Oeffnung am Boden mit Flüssigkeit in Verbindung, die den Boden eines äusseren weiteren Gefässes bedeckt. Die bei der Ladung entwickelten Gase werden getrennt aufgefangen. Haben sie eine bestimmte Spannung erreicht, so bewegen sie einen Kolben, der die Ladung unterbricht.

Secundäre Thermoströme will die Actiengesellschaft »Helios« ²⁾ dadurch erhalten, dass sie eine Thermosäule, die zur Verhinderung der Wärmeausstrahlung mit einer isolirenden Hülle umgeben ist, durch Wechselströme erhitzt. Nimmt man darauf an der einen oder der anderen Stelle die Hülle ab, so entsteht durch die Abkühlung ein secundärer Strom. Der praktische Nutzen dieser Erfindung ist ein zweifelhafter. ³⁾

¹⁾ D. P. 71676. — ²⁾ D. P. 51650/1889. — ³⁾ Vgl. Waltenhofen, Elektrot. Zeitschr. 1890, 555.

Namen-Register.

A.

Abakanowicz 281.
 Abler 133.
 Aboilard 20.
 Abraham 181.
 Acheson 159, 198.
 Adams 276.
 Akkumulatorenfabr.-
 Actien - Gesellschaft
 236, 325.
 Akkumulat. - Werke
 Germania 255.
 — System Heyl (Zinne-
 mann) 308.
 Alabaster, Gatehouse
 u. Co. 110.
 Alder 117.
 Aldrich 281.
 Alimonda 159.
 Allison 28.
 Almeida, de 92.
 Alten, von 39.
 Amico, de 72.
 Andersen 107.
 Anderson 132, 304.
 Andreoli 229, 291.
 Archer 139.
 Archerean 112.
 Arnold 135, 264.
 Arnould 210, 312.
 Aron 40, 207, 282,
 314, 328.
 Arrot 117.
 Arsonval, de 12, 32,
 66, 73, 91, 93, 98,
 99, 103, 107, 109,
 112, 116, 281,
 313.
 Aylmer 126.
 Aymonnet 17.
 Ayrton 251.

B.

Babo, von 89.
 Bacco 101.
 Badcock 103.
 Bagard 199.
 Bagration 8, 10.
 Bailey 302.
 Bailhache 3:1.
 Baille 150.
 Bailly 209.
 Bain 270.
 Ball 53.
 Balsamo 112, 117.
 Bandsept 218.
 Barber 256, 304.
 Barbier 45, 126, 234,
 273.
 Barker 317.
 Barnett 49, 162.
 Baron 40.
 Barrett 16, 28, 123,
 124, 264.
 Barrier 278, 308.
 Bartholomew 278.
 Bartoli 9.
 Barus 186.
 Basset 330.
 Bastians 277.
 Baudet 20, 102, 106.
 Beattie 65.
 Beaufile 56.
 Beaumont 205, 218.
 Beck, von 178.
 Becquerel 5, 28, 56,
 58, 117, 165, 170,
 178, 182, 185, 189,
 191.
 Bède 99.
 Beeman 295.
 Beetz 44, 52, 90, 102,
 123, 190, 213.
 Behrend 86.

Behrens 120.
 Beilstein 90.
 Belloni 95, 117.
 Bender 45, 128.
 Benjamin 315.
 Bennet 8, 9.
 Betz 196.
 Beyer 265.
 Berliner 45.
 Bernado 207.
 Berndt u. Co. 269.
 Berner 261.
 Bersey 264.
 Bidwell 130.
 Biggs 205, 218.
 Billing, von 123.
 Binder 52.
 Biot 120.
 Blanc u. Co. 314.
 Blanchard 246.
 Blair 8, 12.
 Bleiwerk Neumühl,
 Morian u. Co. 271.
 Blot 208.
 Boettcher 215, 314,
 322.
 Boisseau du Rocher
 20.
 Bolton 75.
 Borchers 17, 166, 172,
 176.
 Borne, de la 178.
 Bothrick 4.
 Böttcher 16, 34, 46,
 79.
 Böttger 6, 7, 10, 16,
 86, 96, 107.
 Bottomley 67.
 Böse 284.
 Bouillon 96.
 Bourke 99.
 Boynton 8.
 Bradbury 258, 265.

Bradley 196.
 Brandenburger 233.
 Brard 165.
 Braun 137.
 Bréguet 205.
 Brehm 140.
 Brémont 41.
 Bréton 10.
 Brett 8.
 Brewer 50, 132.
 Bright 275, 297.
 Brinkerhoff 11.
 Bristol 282.
 Broglia 25.
 Brooks 166.
 Brown 329.
 Bruchietti 186.
 Brush 213, 227.
 Bucherer 176.
 Buchin 8.
 Budl 83.
 Buff 18, 70, 83, 96,
 100, 111, 117, 120,
 185.
 Buffet 99.
 Bull 165.
 Bulting 54.
 Bunsen 20, 88, 108,
 109, 178, 189.
 Burch 98.
 Burkhardt 52.
 Burnell u. Co. 49.
 Burnley 49, 52, 127,
 132.
 Burton 153.
 Byrne 24.

C.

Caball 40.
 Cabanyes 113.
 Cahart 141.

Cailleret 74.
 Cailletet 172.
 Callan 8, 87, 95, 119.
 Callaud 72, 73, 75.
 Calo, de 244.
 Camacho 103.
 Candido 80.
 Carhart 146, 150, 154, 176.
 Carlin 217.
 Carney 329.
 Carpantier 20.
 Carpenter 248.
 Carpentier 181, 186, 206.
 Carré 69.
 Case 108, 177, 199.
 Casselmann 88.
 Castelli 70.
 Cauderay 9.
 Cély 41, 292.
 Chandler 317.
 Changy, de 211, 227.
 Chaperon 31, 33.
 Chardin 20, 56.
 Chassagny 181.
 Chatiliez 231.
 Chaudron 188.
 Cheswright 239, 247, 278.
 Cheuvreusse 6.
 Chloride Electrical Syndicate 293.
 Christiani 194.
 Chutaux 23.
 Clamer 235.
 Clamond 40, 181, 182, 185, 186, 189.
 Clark 23, 50, 51, 56, 61, 121, 141, 146, 312.
 Clarke 28.
 Clas 286, 306.
 Claubry, de 73.
 Clifton 103.
 Cochran 278.
 Coehn 166.
 Cohen 130.
 Cohné 307.
 Coleman 119, 139, 210.
 Colgate 208.
 Colla 72.
 Collardeau 172.
 Collé 113.
 Commelin 313, 321.
 Connet 28.
 Conz 261.
 Cook 8.
 Cooper 87, 165.
 Coronat 72.
 Correns 223, 252, 261, 262.

Courmont 303.
 Cox 131, 196, 197.
 Crompton 205, 210, 218, 229.
 Crosby 124.
 Cross 116.
 Crova 7, 152.
 Crowdus 93.
 Cruickshank 3.
 Crum 165.
 Culbough 107.
 Cumming 178.
 Currie 280, 291, 292, 295.
 Cuttriss 280.

D.

Dahl 169.
 Dancer 83.
 Daniell 58, 100.
 Dannert 284, 288.
 Danziger 297.
 Darrieus 313.
 Daunert u. Vogt 126.
 Davis 79, 92, 139, 159.
 Davy 6, 27, 30, 55, 56.
 Dearlove 147, 148.
 Defonvielle 12.
 Dehérain 16.
 Delany 48, 74.
 Delaurier 11, 15, 23, 93, 100, 101.
 Deleuil 93.
 Delhaumuceau 7.
 Delmann 8, 121.
 Deluc 120.
 Denys 31.
 Dering 99.
 Derooy 99.
 Desbordaux 25.
 Desmazures 321.
 Desmond - Fitzgerald 111.
 Desormes 120.
 Desruelles 136, 284.
 Desvernay 136.
 Deutsche Celluloid-Fabrik, Act.-Ges. 264.
 Devos 10.
 Dey 300.
 Dickerson 197.
 Dietrich 48, 247.
 Dixon 303.
 Doat 112.
 Dobell 158, 165.

Dobrowolsky, von 177.
 Dolbear 114.
 Donaldson 243, 277.
 Donati 43.
 Doubleday 249.
 Dougans 128.
 Douglass 235.
 Dow 124.
 Dowse 83.
 Drake 207.
 Drosnier 22.
 Duchemin 24, 101.
 Ducretet 20.
 Duffek 265.
 Dufour 254.
 Dujardin 207, 215, 305.
 Du Moncel 10, 21.
 Dun 114, 136, 158, 321, 330.
 Duncan 215.
 Dupré 99, 107.

E.

Eagar 112.
 Eaton 275.
 Ebner 6.
 Echer, von 101.
 Eckelt 246.
 Edelkamp 197.
 Edgerton 302.
 Edison 34, 163, 197, 219.
 Egger 23.
 Eglinger 49.
 Eickemeyer 248.
 Eisenlohr 83.
 Eisenmann 24.
 Eldridge 40.
 Electrical Power Storage Company 250, 253, 255.
 Electriciteits - Maatschappij de Khotinsky 218, 246.
 Electric Storage Battery Comp. 292.
 Elektrizitätsgesellsch. Gelnhausen 240.
 Elektrotechnische Gesellschaft 134.
 Elektrotechnische Versuchsstation München 227.
 Elieson 209, 274.
 Elliot 127.
 Elschner 72.
 Elsner 306.
 Elster u. Geitel 331.

Elwell 205, 214.
 Emmens 54.
 Emmer 92.
 Emon, van 266.
 Engel 300.
 Engledue 21, 157.
 Entz 320, 323.
 Epstein 205, 214, 307, 318.
 Erckmann 5.
 Erfurth 133.
 Erhard 25.
 Erman 200.
 Ernst 278.
 Esser 130.
 Ewing 68.
 Eynde, van den 100.

F.

Fabinyi 163.
 Fabri 8.
 Faraday 4, 163.
 Farbaký 255, 256.
 Farkas 163.
 Faure 13, 103, 109, 156, 201, 228, 230, 231, 250, 276, 302.
 Fechner 55.
 Ferrini 47.
 Féry 150.
 Fichet 13.
 Fierort 322.
 Figuier 16.
 Fink 28.
 Finot 41, 313.
 Fischer 48, 88.
 Fitch 16, 30.
 Fitz-Gerald 57, 205, 218, 229, 244, 289, 297, 299.
 Fleming 154.
 Fleury 94.
 Flick 318.
 Fonvielle 16.
 Foote 158, 279.
 Ford 274.
 Ford-Washburn Store Electric Co. 277.
 Foreign and Colonial Electrical Power Storage Comp. 250.
 Fortin 10.
 Fossati 112.
 Fournier 178.
 Francken 16.
 Franke 247.
 Franken 45.
 Frankfurter Akkumulatorenwerke C. Pollak u. Co. 103.

Frankfurter Gasgesell-
schaft 247.
Frankland 267.
Franklin Electric Co.
328.
Frascara 311.
Freund 282.
Frisbmuth 135.
Frogatt 306.
Fromme 86, 91, 103.
Fuller 102.
Fullner 115.
Fyfe 25.

G.

Gabarro 128.
Gadot 243, 303.
Gaiffe 20, 28, 40, 52,
54, 64, 138.
Gandini 275.
Garassino 205, 214,
232.
Garbe 152.
Gardner 160, 246.
Gassner 101, 128, 135.
Gatehouse 110.
Gaudini 103.
Gaugain 56, 74, 169,
181.
Gautherot 6, 167, 200.
Gauthier 73.
Gawalowski 93.
Gebauer 243.
Gebbert u. Schall 140.
General Mining and
Electric Lamp Co.
234.
Genest 32.
Genglaire 10.
Gérald 289.
Gérard 48, 128.
Gérardin 100, 111.
Germain 127, 303.
Germershausen 261.
Gesner 87.
Gestel, van 244.
Gethins 80.
Getz u. Odendall 257.
Gibbs 99, 107.
Gibson 233, 249, 277,
300.
Gibson Electric Co.
248.
Gimé 294.
Giovanni 233.
Girard 40.
Giraud 192.
Girouard 89, 102.
Gladstone 17.
Gläser 209.
Glatzel 320.
Glazebrook 146, 149.

Gmelin 201.
Gnesin 303.
Godeau 278.
Goldner 102.
Goodwin 54, 139.
Gordon 38.
Gorham 207.
Gouy 40, 149.
Goward 317.
Granfeld 73.
Grenet 18, 39, 56,
117.
Griffin 258.
Griscom 265, 331.
Groswith 243.
Grout 282.
Grove 6, 83, 84, 167,
169.
Grüels 85.
Grüninger 52.
Grunsell 103.
Grünwald 48, 197.
Guerin 102.
Guignet 54, 101.
Gülcher 169, 182, 297.
Gutsch 66.

H.

Haas u. Angerstein
133.
Hachette 120.
Haeussermann 176.
Häfner 318.
Hagen 262, 265.
Hall 209.
Hallwachs 293.
Hammacher 285.
Hammerl 19.
Hanford 297.
Hankel 178.
Hard 28.
Harding 18.
Hare 4.
Harris 206.
Hartmann 137, 269.
Hartung 265.
Hathaway 28.
Hatsch 274, 297.
Hauck 20, 63, 68, 186,
195.
Hauser 269.
Hawkins 95, 117.
Hayden 50.
Headland 259, 278.
Heil 39, 54, 265.
Heim 54, 110, 223,
238, 261.
Heinz 245, 253.
Heinze 286.
Hellesen 129, 140, 159.

Helmholtz, von 30.
73, 150.
Henrichsen 129.
Henzel 302.
Héraud 30.
Hering 154, 176, 215,
281, 294.
Herkt 48.
»Herkules«, Gesellsch.
38.
Herschel 169.
Hertel 38.
Hess 264.
Hess Electric Storage
Battery Co. 302.
Hewes 146.
Hewett 70, 125, 146.
Hewett Voltaic Elec-
tric Co. 50.
Heyl 204, 308, 309.
Hieronymus 140.
Higgins 228.
Hirliman 50, 159.
Hirschwald, Schäfer u.
Heinemann 286.
Hitchcock 135.
Hochstetter 245.
Höfel u. Co. 139.
Hoffmann 124.
Hofman 233.
Holden 270.
Holdrege 243.
Hollingshead 288, 319,
329.
Holmes 99.
Holub 265.
Hookogey 18.
Hoppe 99.
Hospitalier 21, 97,
193.
Hough 264, 271, 299.
Howell 210.
Hoy 140.
Huber 253, 254, 255.
Hübner 124, 286.
Hughes 6.
Hulot 6.
Hunter 12.
Hussey 30, 65, 74.

I, J.

Jablochkoff 9, 165.
Jacobi 66, 67, 83, 100,
201.
Jacobini 70.
Jacques 165.
Jaeger 147.
Jahr 126, 267.
James 245, 301, 329.
Jaquet frères 258.
Jarriant 20, 102, 253.

Jarman 295.
Jawein 90.
Iden 186.
Jeanty 160, 161.
Jedlik 60.
Jehl 186.
Jelin 178.
Jess 51.
Jobert 186.
Johnson 23, 139, 243.
Jones 208, 282, 289.
Joule 116, 120.
Jourdan 9.
Imchenetzki 114.
India Rubber 110.
Infreville, de 158.
International Electric
Storage Ltd. 275.
Irving 213.
Julien 245, 254.
Junghaus u. Kolosche
134.
Jungnickel 127, 140.
Justus 320.
Iwanowsky 160.

K.

Kabath 205, 208, 219,
293.
Kahle 142, 146.
Kalischer 220.
Kaufmann 54.
Kayser 190, 195.
Kayser u. Co., C.
Wilhelm 261.
Keating 48.
Keenan 42.
Keiser 20, 78.
Kemp 5, 25.
Kendall 170.
Kenedy 217.
Kennedy 243, 249, 302.
Kerckhove, van der
265.
Khotinsky, de 239,
246.
King 245, 249, 251,
276, 295.
Kingzeff 275.
Kirchhof 311.
Kirkpatrick 293.
Kitsee 53, 111, 131,
280.
Kittler 155.
Knapp Electric Works
49.
Knöfler 243.
Knowles 270, 281.
Koch 190.
Kohlfürst 65.

Kohlrausch 223, 237,
251, 261.
Koller 122, 139.
Kollert 185.
Kölner Akkumula-
renwerke Gottfried
Hagen 263.
König 99.
Konstantinoff 24.
Koogogey 269.
Koosen 14, 78, 102.
Kopp 254.
Korda 177.
Kornblüh 265.
Kouznetson 124.
Kowalski, von 275,
303.
Kraft 209.
Kramer 64.
Kröber 332.
Krüger 80.
Kugel 14.
Kuhmaier 5.
Kukla 94.
Kusmin 22.

L.

Laborde 7.
Lacassagne 163.
Lacombe 101.
Lacroix 73.
Lagrange, de Fabre 6.
Lahousse u. Co. 113.
Lalande, de 31, 33.
Landmann 18.
Landolt 99.
Langelaan 296.
Langer 166, 171, 175.
Langhans 163, 165,
283, 318.
Langley 278.
La Roche 331.
Lathrop 60.
Latimer 56.
Lauber 306, 330.
Laura 82.
Laurent 41, 292.
Laurie 15, 328.
La Valette 11.
Law 10.
Law Battery Co. 49.
Lea 299.
Lebiez 185.
Leblanc 15, 99, 108,
109.
Leclanché 44, 45, 126.
Leclerc 291.
Legay 210, 308.
Lehmann 133, 310.
Leiter 52.

Leitner 42.
Leland 56.
Ler 278.
Le Roux 12, 54, 109.
Lescuyer 303.
Lesenburg 136.
Lessing 132.
Leuchs 54.
Leuchtenberg 6.
Levison 102, 107.
Levsen 52.
Liais 94.
Liardet 278.
Libbey 7.
Liebenow 219.
Liebert 29, 108, 124.
Liebig 29, 100, 138.
Liman u. Oberländer
134.
Limb 145, 146, 149.
Lindig 152, 154.
Lionel-Weber 10.
Lisle, de 196.
Lithanode and General
Electric Co. 300.
Little 8.
Lloyd 233, 235, 292,
302.
Lobstein 26.
Lockwood 74.
Lodge 153.
Loiseau 22.
Lorrain 220.
Lounsbury 331.
Lucas 214.
Lucion 99.
Luckow 216.
Ludlow 213.
Ludwigsen 124.
Lugo 304, 318.
Lune 328.
Lütcke 135, 283.
Lyon 158.
Lyte 291.

M.

Mabery 278.
Macmittan 49.
Macrae 243.
Maîche 5, 10, 100,
111, 161, 169.
Main 302, 316.
Makrell 99.
Maleterra 97.
Maloney 329.
Malterre 220.
Maquay 110.
March 264, 271.
Marcus 51, 159, 191.
Maréchaux 120.

Märkische Akkumula-
torenwerke 253.
Marsh 52.
Marshall 165.
Marx 47, 329.
Maschinenfabrik Oer-
likon 139, 222, 244,
256.
Mason 50, 312.
Masse 197.
Matteucci 15.
Matthews 146.
Mauri 82, 109, 146,
147.
Mc. Donald 83, 93,
209.
Mc. Dougal 276.
Mc. Laughlin 51, 232,
288, 302, 329.
Mc. Leod 30, 235.
Mc. Rae 277.
Mehner 127.
Mehren 233.
Meidinger 72, 76.
Meinecke 138.
Melloni 181.
Melsen, van 4.
Menges 256, 296.
Menua Appariccio, de
56.
Mercier 297.
Méritens, de 97, 206.
Meserole 131, 139,
315.
Mestern 193.
Metzger 202.
Mewes 197.
Meyer 197.
Meylan 98, 114.
Micael 220.
Michel 218, 317.
Miergues 94.
Mikorski 16, 86.
Miller 92, 99.
Minotto 72.
Mix 32.
Mix u. Genest 126.
Mocenigo 5.
Moffat 161.
Mollison 196.
Molloy 57.
Moncel s. Du Moncel.
Mond 166, 171, 175,
176.
Monnier 218, 292.
Montanus 50, 114,
158.
Montaud 215.
Montpellier 136.
Moorthamers 137.
Morgan 40.
Mori 288.

Morin 70.
Morren 182.
Morris 293, 297.
Morrison 208, 209,
280, 300.
Morrisot 115.
Morse 86, 207.
Moseley 158.
Moser 74.
Moskowitz 208, 274.
Mouthiers 10, 16.
Muirhead 51, 67, 147,
304.
Müller 27, 47, 192,
233, 281.
Mullineu u. Walmsley
133.
Mullins 99.
Münch 4.
Münchener Elektro-
technische Versuchs-
station 133.
Münnich 6, 111.
Mure 189.
Muskauer Hohlglas-
Hüttenwerk Raetsch
u. Comp. 256.
Müthel 24, 109, 303.

N.

Napoléon 118.
Napoli 7.
Nash 50.
Nebel 32.
Negbauer 142, 150.
Nehmer 129.
Nerville 283.
Neumann, von 111.
Nevins 245.
Newton 43.
Ney 57.
Nézeraux 219.
Niaudet 6, 27, 109.
Nibblet 234, 300, 305.
Nithack 300.
Noack 181.
Nobili 181.
Nodon 13.
Noë 185, 193.
Nolf 231.
Nöllner 52, 54.
Northrup 15, 151.
Nowotny Co. 125.
Nystrom 102.

O.

Obach 48, 129.
Obermayer 247.

Oblasser 275.
Ochs 137.
Ochsé 113.
Oerlikon 254.
Oersted 4, 67, 178.
Offershaus 4.
O'Keenan 69.
Olfers 95.
Onimus 124.
Oppermann 108.
Ortelli 13.
Orth 127.
Osann 25, 91.
Osburn 269, 296.
Osgood 65.
Ossipowitsch 41.
Ost 126.
Oster 42.
Ostwald 150, 164.

P.

Pabst 11, 13.
Page 5.
Paget 280.
Paillard 82.
Palagi 9.
Palmer 207.
Papasogli 9.
Parker 205, 214.
Parker u. Crapo 247.
Parrish 9.
Partz 21.
Paterson 6.
Payen 234, 291.
Payerne 54.
Pechül 139.
Peclet 8.
Pepper 280, 288.
Péral 258.
Petschel 205.
Peyrusson 279, 312.
Pearce 13.
Pennoch 136.
Pérémé 57.
Pertsch 47.
Peukert 261.
Pfeifer 219, 228.
Philippart 264, 277.
— Frères 253, 303.
Philipps 320.
Phillips 323.
Physikalisch - Technische Reichsanstalt 130, 134, 284, 285.
Picard 293.
Picou 281.
Pictot 22.
Pieper 306.
Piertot 30.
Pilleux 233.

Pincus 28, 80.
Pintsch 184.
Pirsch 247.
Pisca 303.
Pitkin 211, 270.
Planté 201, 202, 203, 213, 214, 216, 277, 331.
Platner 30.
Plattner 327.
Plush 75.
Poggendorff 5, 17, 85, 86, 87, 92, 95, 103, 200.
Pollak 79, 103, 224, 244.
Ponci 20, 101.
Poppenburg, von der 124, 136, 137.
Popper 121.
Poppowitsch 136, 160.
Poston 266, 274.
Potter 3.
Powell 160, 177, 199.
Prax 9.
Preece 215.
Primary Battery Co. Lim. 244.
Priwoznik 47.
Proudroux 93.
Przibram 86.
Pulsford, Triquet u. Co. 321.
Puluj 68.
Pulvermacher 4, 6.
Pumpelly 232, 250, 305.

Q.

Quincke 174.
Queen u. Co. 151.
Quaglia 213.

R.

Raab 277.
Radiguet 42, 102.
Raileigh 141, 142, 146.
Raoult 65, 154.
Raub 186.
Ravaglia 8.
Rawlin 50.
Rawson 109, 308.
Rayleigh 169.
Rebizek 195.
Reckenzaun 229, 255, 268.
Red 244.

Reed 20, 23, 107, 165, 176, 242.
Regnault 62, 118, 119.
Reiniger 18, 140.
Reinsch 94, 111.
Reiset 88.
Remak 120.
Renard 20, 24, 87.
Renault 136.
Renoux 108.
Reud 159.
Reynier 63, 66, 68, 205, 210, 229, 231, 312, 313, 314.
Reynolds 101.
Rhett 270.
Rhodin 250.
Riatti 199.
Ribbe 303.
Ricchi 275.
Kichter 52.
Riguelle 296.
Riker 264.
Ritter 3, 57, 167, 178, 200.
Rive, de la 41.
River and Rail Electric Light Co. 317.
Roberts 6, 16, 23, 39, 43, 135, 196, 269, 329.
Robertson 204.
Robinson 158.
Rocher, s. Boisseau.
Rodgers 175.
Rolland 190.
Rollmann 178, 179.
Rooney 249, 297.
Root 29.
Rosenbaum 233.
Rosenthal 124, 249, 303.
Rošt'lapil 158.
Rotten 131.
Roudel 8, 112.
Rousse 107, 111, 112, 318, 329.
Rousseau 243, 294.
Rovelli 35.
Rowley 211.
Rubanowitsch 114.
Rühlmann 251.
Ruhmkorff 107, 189.
Rushton 8.
Rust 181.
Ryhiner 83.

S.

Sabine 61.
Sadlon 114.

Saint-Austell, de 6.
Sainte-Marie, de 30.
Saint-George 330.
Salleron 108.
Salom 293.
Samson 49.
Samuel 234.
Saschinoff 93.
Savary 15.
Schäfer u. Montanus 50, 114, 158, 161.
Schanschieff 14, 16, 300, 303.
Scheinberger 301.
Scheithauer 12, 162.
Scheliha 29.
Schenek 255, 256, 258.
Schlesinger 23.
Schmalhans 275.
Schmalhausen 266.
Schmidt 4, 14, 20, 29, 78, 300.
Schmitz 177.
Scholz 86.
Schönbein 87, 95, 97, 111.
Schönemann 211.
Schöning 161.
Schoop 215, 220, 305, 317, 323, 325, 326.
Schröder 112.
Schrynmakers de Dormael 305.
Schuch 52.
Schulze 233, 293.
Schweigger 178.
Scrivanow 29, 40, 43, 135, 137.
Secchi 61, 72.
Seebeck 178.
Seifert 261.
Sellon 219, 220, 233, 250.
Selmi 8.
Senet 101.
Sennet 282.
Shapleigh 245.
Sharples 107.
Sheet 284.
Shippey Bros. 156, 204.
Shrewsbury 158, 165.
Siebert 14.
Siemens 66, 70, 129, 201.
Siemens u. Halske 89, 285.
Silliman 94.
Silvey 249.
Simmen 210.
Sinsteden 200, 201.
Skene 5.

Skinner 146, 150, 177, 199.
 Slattery 320.
 Slater 111.
 Sleicher 271.
 Sloane 114.
 Small 210.
 Smee 6.
 Smith 11, 169, 207, 232, 235, 249, 276.
 Société anonyme des brevets étrangers de Méritens 97.
 Société anonyme pour le travail électr. des métaux 212, 290.
 Société Germano-Suisse de l'accumulateur et des procédés Theryc - Oblasser 276.
 Société Suisse pour la Construct. d'Accumulateurs Électriques 204.
 Solomon 131.
 Somzée 256, 274, 320.
 Sorley 232, 250.
 Sosnowsky 98, 114.
 Spencer 83.
 Sprague 98.
 Standard Storage Co. 204.
 Starck 140.
 Starkey 234, 256, 304, 305.
 Starley 304.
 Starr 320.
 Stchetline 39.
 Steanes 277.
 Stefan 189.
 Steinmetz 20.
 Stiens 161.
 Stine 327.
 Stöcker u. Co. 132.
 Stoecher 11, 20, 89.
 Stoecker 49.
 Stöhrer 89.
 Stone 258, 265.
 Strache 83.
 Streintz 156.
 Sturgeon 5, 6.
 Sundré 181.
 Sussmann 113, 234.
 Sutton 219, 312, 313, 318.

Swan 23, 215, 233, 294.
 Swinburne 215.
 Symons 6.
 Szigmanski 54.
 Szymansky 134.

T.

Tabor 205.
 Tamine 206, 210, 220, 312, 314.
 Tatlow 41, 176.
 Taylor 295.
 Tchikoloff 127.
 Terquem 75.
 Thame 293.
 Thann 107.
 Thenard 186.
 Theryc 210, 275.
 Thiers 163.
 Thomason 305.
 Thompson 113, 117, 170, 260, 302.
 Thomsen 112.
 Thomson 57, 67, 81.
 Thranitz 126, 131.
 Timmis 206, 292.
 Tissandier 20.
 Todd 125.
 Tommasi 6, 9, 16, 19, 42, 54, 93, 99, 206, 210, 270, 310.
 Torregiani 8.
 Tourville 278, 308.
 Treeby 172.
 Tribe 17, 281.
 Tricoche 8.
 Tromelin, de 102.
 Trouvé 20, 56, 70, 74, 120.
 Tudor, Gebrüd. 236, 240, 251, 254, 261, 262.
 Tyler 6, 51.

U.

Uelsmann 96.
 Umbreit 97.
 Umbreit u. Matthes 35, 38.
 Uppenborn 185.
 Upward 12.
 Urquhart 210.
 Usher 270, 273.

V.

Vandermissen 279.
 Varley 55, 72, 73, 328.
 Veley 98.
 Ven, van der 32.
 Verchere 185.
 Verdier 283.
 Vergnes 109.
 Vérité 79.
 Vogel 166, 177, 297.
 Vogler 25.
 Vogt 126, 128.
 Vohwinkel 7.
 Voisin 22.
 Volkmar 212, 219, 250.
 Voller 154, 261.

W.

Waagenmann 47.
 Wach 58.
 Wachsmuth 147.
 Wadell 323.
 Wagner 133.
 Walbrecht 197.
 Walkeb 103.
 Walker 5, 6, 15.
 Waltenhofen, v. 195, 257, 258, 332.
 Walter 18, 52, 209.
 Ward 114.
 Wardwell 276.
 Warner 302.
 Warren 14, 82, 100, 102, 110, 304.
 Warren de la Rue 25, 27, 121.
 Washburn 4, 277, 303.
 Watkins 120.
 Watt 218, 329.
 Watt Akkumulatorenwerke 286.
 Weare 8, 83.
 Webb 196.
 Weber 95, 111, 117, 154, 253.
 Weed 244.
 Weise 282.
 Wensky 121, 157.
 Wenzel 86.
 Wershoven 271.
 Western Electric Co. 51.
 Weston 147.

Weyde 286, 306.
 Weymersch 110.
 Wheatstone 25, 41.
 Wheelock 50.
 Whittier 279.
 Wiedemann 98.
 Wiegel 52.
 Wigner 86, 98.
 Wilbrant 101.
 Wildt 52.
 Wilkinson 3.
 Williams 135.
 Wilms 138.
 Wilson 74.
 Winkler 265, 268, 305.
 Wite 248.
 Wladimiroff 303.
 Wöhler 18, 95, 96, 111, 117.
 Wolcott 99.
 Wolff 53, 127.
 Wolfschmidt 140.
 Wollaston 4, 138.
 Woodhouse 109, 308.
 Woods 329.
 Woodward 32, 196, 211, 214, 218.
 Woolf 246, 264.
 Worlée 56, 89, 107.
 Worms 245.
 Wright 117, 121, 125, 170.
 Wuillot 294.
 Wunderlich 161, 198.

Y.

Young 4.

Z.

Zacharias 123, 157, 251, 267, 284, 288.
 Zalewski 9.
 Zalinski 86, 113.
 Zaliwski 16.
 Zamboni 120.
 Zeller u. Co. 53.
 Zenger 55, 170.
 Zerda-Bayon 125.
 Zerener 215.
 Zettel 177.
 Zettler 259, 304.
 Zierfuss 139.

Die vorliegende Sammlung wird unter dem Gesamttitel »Elektro-technische Bibliothek« das ganze Gebiet der angewendeten Elektricitätslehre in selbständigen Bänden umfassen, von denen jeder etwa 15 bis 20 Bogen stark ist und sind in dem Texte entsprechend zahlreiche Abbildungen enthalten.

Jeder Band bildet ein in sich abgeschlossenes Ganzes; doch so, dass die Werke in ihrer Vereinigung als ein Compendium der angewendeten Elektricitätslehre benutzt werden können.

Die Verfasser und die Verlagshandlung haben sich die Aufgabe gestellt, in der »Elektro-technischen Bibliothek« ein Werk zu schaffen, welches, durch Berücksichtigung aller neuen Fortschritte auf dem Gebiete der Wissenschaft, dem Elektro-Techniker ein Mittel an die Hand giebt, sich über alle ihm während der Ausübung seines Berufes vorkommenden Fragen sofort Aufklärung zu verschaffen, ohne dass er es nöthig hat, sich die für ihn wichtigen Resultate aus umfangreichen theoretischen Werken selbst zusammenzusuchen.

Inhalt der Sammlung:

I. Bd. Die dynamo-elektrischen Maschinen. Ihre Geschichte, Grundlagen, Construction u. Anwendungen. 6. Aufl. — II. Bd. Die elektr. Kraftübertragung. 3. Aufl. — III. Bd. Das elektr. Licht. 3. Aufl. — IV. Bd. Die galvanischen Batterien. 3. Aufl. — V. Bd. Die Verkehrs-Telegraphie. — VI. Bd. Telephon, Mikrophon und Radiophon. 3. Aufl. — VII. Bd. Die Elektrolyse, Galvanoplastik u. Reinmetallgewinnung. 2. Aufl. — VIII. Bd. Die elektrisch. Mess- u. Präcisions-Instrumente. 2. Aufl. — IX. Bd. Die Grundlehren der Elektricität. 3. Aufl. — X. Bd. Elektrisches Formelbuch. Terminologie in deutscher, französischer und englischer Sprache. — XI. Bd. Die elektrischen Beleuchtungsanlagen. 2. Aufl. — XII. Bd. Die elektrischen Einrichtungen der Eisenbahnen und das Signalwesen. — XIII. Bd. Elektrische Uhren und Feuerwehr-Telegraphie. — XIV. Bd. Die Haus- und Hôtel-Telegraphie. 2. Aufl. — XV. Bd. Die Anwendung der Elektricität für militärische Zwecke. — XVI. Bd. Die elektrischen Leitungen und ihre Anlage für alle Zwecke der Praxis. 2. Aufl. — XVII. Bd. Die elektr. Eisenbahn bezüglich ihres Baues und Betriebes. — XVIII. Bd. Die Elektro-Technik in der praktischen Heilkunde. — XIX. Bd. Die Spannungs-Elektricität, ihre Gesetze, Wirkungen und technischen Anwendungen. — XX. Bd. Die Welt-Literatur der Elektricität und des Magnetismus, 1860 bis 1883. — XXI. Bd. Die Motoren der elektrischen Maschinen mit Bezug auf Theorie, Construction und Betrieb. — XXII. Bd. Die Generatoren hochgespannter Elektricität. — XXIII. Bd. Das Potential und seine Anwendung zu der Erklärung der elektrischen Erscheinungen. — XXIV. Bd. Die Unterhaltung und Reparatur der elektrischen Leitungen. — XXV. Bd. Die Mehrfach-Telegraphie auf Einem Drahte. — XXVI. Bd. Die Kabeltelegraphie. — XXVII. Bd. Das Glühlicht, sein Wesen und seine Erfordernisse. — XXVIII. Bd. Geschichte der Elektricität mit Berücksichtigung ihrer Anwendungen. — XXIX. Bd. Blitz und Blitz-Schutzvorrichtungen. — XXX. Bd. Die Galvanostegie. — XXXI. Bd. Die Technik des Fernsprechwesens. — XXXII. Bd. Die elektro-technische Photometrie. — XXXIII. Bd. Die Laboratorien der Elektro-Technik. — XXXIV. Bd. Elektricität und Magnetismus im Alterthume. — XXXV. Bd. Magnetismus und Hypnotismus. 2. Aufl. — XXXVI. Bd. Die Anwendung der Elektricität bei registrirenden Apparaten. — XXXVII. Bd. Elektricität und Magnetismus als kosmotellurische Kräfte. — XXXVIII. Bd. Die Wirkungsgesetze der dynamo-elektrischen Maschinen. — XXXIX. Bd. Materialien für Kostenvoranschläge elektrischer Lichthanlagen. — XL. Bd. Die Zeitlegraphen und die elektrischen Uhren. — XLI. Bd. Die elektrischen Motoren mit besonderer Berücksichtigung der elektrischen Strassenbahnen. — XLII. Bd. Die Glühlampe. — XLIII. Bd. Die elektrischen Verbrauchsmesser. — XLIV. Bd. Die elektrische Schweissung und Löthung. — XLV. Bd. Die elektrischen Accumulatoren und ihre Verwendung in der Praxis. — XLVI. Bd. Elektricität direkt aus Kohle. — u. s. w.

In Bänden à 15 bis 20 Bogen, mit je 50 bis 100 Abbildungen, zum Preise von à 1 fl. 65 kr. = 3 Mark = 4 Fr. = 1 R. 80 Kop. per Band geh., oder gebdn. à 2 fl. 20 kr. = 4 Mark = 5 Fr. 35 Cts. = 2 R. 40 Kop. Jeder Band für sich vollkommen abgeschlossen und einzeln zu haben

A. Hartleben's Verlag in Wien, Pest und Leipzig.

Elektro-technische Bibliothek.

Eine Darstellung des ganzen Gebietes
der angewendeten Elektrizität nach dem Standpunkte der Gegenwart.

Mit Tausenden von Abbildungen.

Inhalt der Sammlung:

I. Band. Glaser-De Cew. Die dynamo-elektrischen Maschinen. Ihre Geschichte, Grundlagen, Construction und Anwendungen. 6. Aufl., bearbeitet von Dr. F. Auerbach. — II. Band. Die elektrische Kraftübertragung und ihre Anwendung in der Praxis, mit besonderer Rücksicht auf die Fortleitung und Vertheilung des elektrischen Stromes. Von Eduard Japing. 3. Auflage. — III. Band. Das elektrische Licht. Von Dr. A. v. Urbanitzky. 3. Auflage. — IV. Band. Die galvanischen Batterien, Accumulatoren und Thermo-säulen. Eine Beschreibung der hydro- und thermo-elektrischen Stromquellen mit besonderer Rücksicht auf die Bedürfnisse der Praxis. Von W. Ph. Hauck. 3. Auflage. — V. Band. Die Verkehrs-Telegraphie, mit besonderer Rücksicht auf die Bedürfnisse der Praxis. Von J. Sack. — VI. Band. Telephon, Mikrophon und Radiophon, mit besonderer Rücksicht auf ihre Anwendungen in der Praxis. Von Theodor Schwartz. 3. Auflage. — VII. Band. Die Elektrolyse, Galvanoplastik und Reinmetallgewinnung, mit besonderer Rücksicht auf ihre Anwendung in der Praxis. Von Eduard Japing. 2. Auflage. — VIII. Band. Die elektrischen Mess- und Präcisions-Instrumente. Ein Leitfaden der elektrischen Messkunde. Von A. Wilke. 2. Auflage. — IX. Band. Die Grundlehren der Elektrizität, mit besonderer Rücksicht auf ihre Anwendungen in der Praxis. Von W. Ph. Hauck. 3. Auflage. — X. Band. Elektrisches Formelbuch mit einem Anhang, enthaltend die elektrische Terminologie in deutscher, französischer und englischer Sprache. Von Prof. Dr. P. Zech. — XI. Band. Die elektrischen Beleuchtungs-Anlagen, mit besonderer Berücksichtigung ihrer praktischen Ausführung. Von Dr. A. v. Urbanitzky. 2. Auflage. — XII. Band. Die elektrischen Einrichtungen der Eisenbahnen und das Signalwesen. Von L. Kohlfürst. — XIII. Band. Die elektrischen Uhren und die Feuerwehr-Telegraphie. Von Dr. A. Tobler. — XIV. Band. Die Haus- und Hôtel-Telegraphie. Von O. Canter. 2. Auflage. — XV. Band. Die Anwendung der Elektrizität für militärische Zwecke. Von Dr. Fr. Waechter. — XVI. Band. Die elektr. Leitungen und ihre Anlage für alle Zwecke der Praxis. Von J. Zacharias. 2. Aufl. — XVII. Band. Die elektrische Eisenbahn bezüglich ihres Baues und Betriebes. Von Josef Krämer. — XVIII. Band. Die Elektro-Technik in der praktischen Heilkunde. Von Prof. Dr. Rud. Lewandowski. — XIX. Band. Die Spannungs-Elektrizität, ihre Gesetze, Wirkungen und technischen Anwendungen. Von Prof. K. W. Zenger. — XX. Band. Die Weltliteratur der Elektrizität und des Magnetismus, 1860—1883. Von Gustav May. — XXI. Band. Die Motoren der elektrischen Maschinen mit Bezug auf Theorie, Construction und Betrieb. Von Theodor Schwartz. — XXII. Band. Die Generatoren hochgespannter Elektrizität. Von Prof. Dr. J. G. Wallentin. — XXIII. Band. Das Potential und seine Anwendung zur Erklärung elektrischer Erscheinungen. Von Dr. O. Tumlirz. — XXIV. Band. Die Unterhaltung und Reparatur der elektrischen Leitungen. Von J. Zacharias. — XXV. Band. Die Mehrfach-Telegraphie auf Einem Drahte. Von A. E. Granfeld. — XXVI. Band. Die Kabeltelegraphie. Von Max Jüllig. — XXVII. Band. Das Glühlicht, sein Wesen und seine Erfordernisse. Von Etienne de Fodor. — XXVIII. Band. Geschichte der Elektrizität. Von Dr. Gustav Albrecht. — XXIX. Band. Blitz und Blitz-Schutzvorrichtungen. Von Dr. A. v. Urbanitzky. — XXX. Band. Die Galvanostegie mit besonderer Berücksichtigung der fabrikmässigen Herstellung von Metallüberzügen. Von Josef Schaschl. — XXXI. Band. Die Technik des Fernsprechwesens. Von Dr. V. Wietlisbach. — XXXII. Band. Die elektro-technische Photometrie. Von Dr. Hugo Krüss. — XXXIII. Band. Die Laboratorien der Elektro-Technik. Von August Neumayer. — XXXIV. Band. Elektrizität und Magnetismus im Alterthume. Von Dr. A. v. Urbanitzky. — XXXV. Band. Magnetismus und Hypnotismus. Von G. W. Gessmann. 2. Auflage. — XXXVI. Band. Die Anwendung der Elektrizität bei registrirenden Apparaten. Von Dr. Ernst Gerland. — XXXVII. Band. Elektrizität und Magnetismus als kosmotellurische Kräfte. Von Dr. Theodor Hoh. — XXXVIII. Band. Die Wirkungsgesetze der dynamo-elektrischen Maschinen. Von Dr. F. Auerbach. — XXXIX. Band. Materialien für Kostenvoranschläge elektr. Lichtanlagen. Von Etienne de Fodor. — XL. Band. Die Zeittelegraphen und die elektrischen Uhren vom praktischen Standpunkte. Von Ladislaus Fiedler. — XLI. Band. Die elektrischen Motoren mit besonderer Berücksichtigung der elektrischen Strassenbahnen. Von Etienne de Fodor. — XLII. Band. Die Glühlampe. Ihre Herstellung und Anwendung in der Praxis. Von J. Zacharias. — XLIII. Band. Die elektrischen Verbrauchsmesser. Von Etienne de Fodor. — XLIV. Band. Die elektrische Schweissung und Löthung. Von Etienne de Fodor. — XLV. Band. Die elektrischen Accumulatoren und ihre Verwendung in der Praxis. Von J. Sack. — XLVI. Band. Elektrizität direkt aus Kohle. Von Etienne de Fodor.

— u. s. w. u. s. w.

Pro Band geheftet à 1 fl. 65 kr. = 3 Mark = 4 Franc = 1 R. 80 Kop.; eleg. gebunden à 2 fl. 20 kr. = 4 Mark = 5 Franc 35 Cts. = 2 R. 40 Kop. pro Band.

Jeder Band ist für sich vollkommen abgeschlossen und einzeln käuflich.

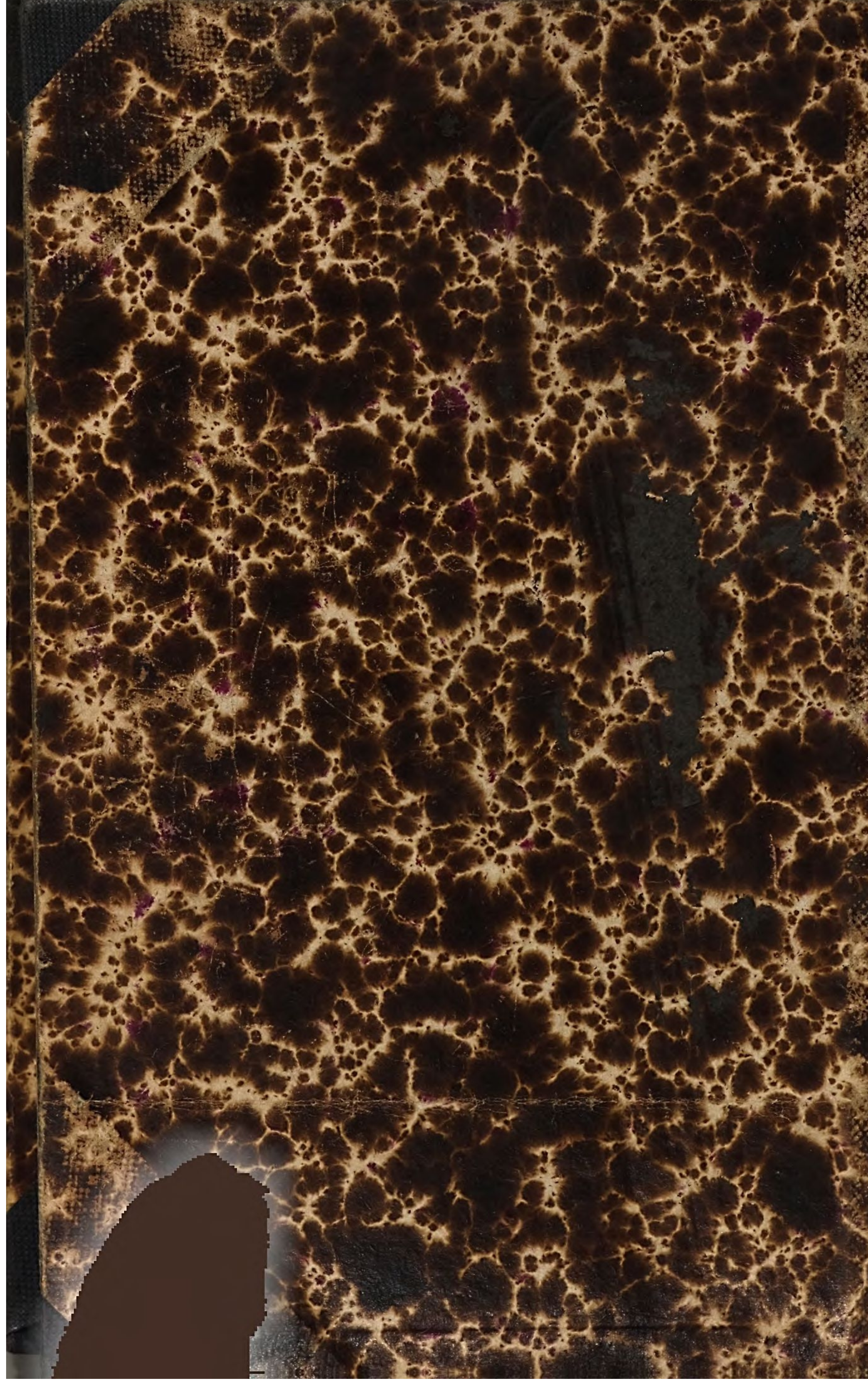
A. Hartleben's Verlag in Wien, Pest und Leipzig.

1871
1872
1873
1874
1875

1876
1877
1878
1879
1880
1881
1882
1883
1884
1885

1886
1887
1888
1889
1890

1891
1892



Peters, Franz

Angewandte Elektrochemie

Bd.: 1 = 47

1897

Techn. 24 su-47

urn:nbn:de:bvb:12-bsb11823827-6